

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 9 月 10 日 (10.09.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/077716 A1

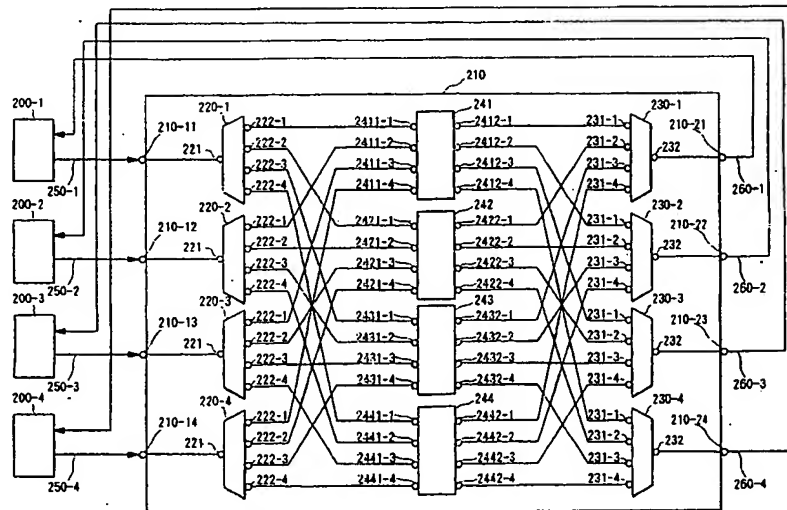
- (51) 国際特許分類: H04J 14/02, H04B 10/20
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/001891
- (22) 国際出願日: 2004 年 2 月 19 日 (19.02.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-51425 2003 年 2 月 27 日 (27.02.2003) JP
特願2003-292454 2003 年 8 月 12 日 (12.08.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8116 東京都千代田区 大手町二丁目 3 番 1 号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 森脇 撰 (MORI-WAKI, Osamu) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岡田 顕 (OKADA, Akira) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 野口 一人 (NOGUCHI, Kazuto) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 田辺 博正 (TANOBE, Hiromasa) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 松岡 茂登 (MATSUOKA, Morito) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 坂本 尊 (SAKAMOTO, Takashi) [JP/JP]; 〒180-8585 東京都 武蔵野市 緑町 3 丁目 9-1 1 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL COMMUNICATION NETWORK SYSTEM, WAVELENGTH ROUTING APPARATUS, COMMUNICATION NODE, OPTICAL PATH MANAGING METHOD FOR USE IN OPTICAL CROSS CONNECT APPARATUS, AND APPARATUS FOR THAT METHOD

(54) 発明の名称: 光通信ネットワークシステム、波長ルーティング装置、通信ノード、ならびに、光クロスコネクタ装置における光パス管理方法及びその装置



(57) Abstract: An optical communication network system, a wavelength routing apparatus therefor and communication nodes therefor that allow the number of optical paths between communication nodes to be easily increased and that also allow communication capacity to be increased, thereby realizing excellent flexibility and extensibility. An optical signal, sent out from a predetermined communication node (200-1 to 200-4), in a wavelength band ($\lambda B_m \pm \Delta \lambda_m$) is subjected to an optical separation of wavelength band by a wavelength band optical separator (220-1 to 220-4) of a wavelength routing apparatus (210), then subjected to a wavelength routing by array waveguide diffraction gratings (241 to 244) in accordance with the wavelength band, then multiplexed with optical signals of other wavelength bands by a wavelength band optical multiplexer (230-1 to 230-4), and then outputted to the communication node. Thus, the wavelength band ($\lambda B_m \pm \Delta \lambda_m$) of the wavelength of an optical signal to be transmitted from a communication node is changed whereby a single optical path for each wavelength band can be formed between communication nodes.

[続葉有]



(74) 代理人: 志賀 正武 (SHIGA, Masatake); 〒104-8453 東京都中央区八重洲2丁目3番1号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約: 通信ノード間の光パスを容易に増すことができ、通信容量を増加させることを可能にする、柔軟性や拡張性に優れた光通信ネットワークシステム及びその波長ルーティング装置並びに通信ノードを提供する。所定の通信ノード(200-1~200-4)から送出された波長帯域($\lambda_{Bm} \pm \Delta \lambda_m$)内の光信号は、波長ルーティング装置(210)の波長帯域光分離器(220-1~220-4)によって波長帯域の光分離が行われた後、その波長帯域に応じたアレイ導波路回折格子(241~244)によって波長ルーティングされ、さらに波長帯域光合波器(230-1~230-4)によって他の波長帯域の光信号と合波されて出力された後に通信ノードに達する。このように、通信ノードから送信する光信号の波長の波長帯域($\lambda_{Bm} \pm \Delta \lambda_m$)を変えることで、波長帯域毎に1つの光パスを通信ノード間で形成することが可能になる。

明細書

光通信ネットワークシステム、波長ルーティング装置、通信ノード、ならびに、光クロスコネクタ装置における光パス管理方法及びその装置

技術分野

本発明は、複数の通信ノードと、これらの通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御によって確立する波長ルーティングを利用した光通信ネットワークシステム及びその波長ルーティング装置並びに通信ノードに関するものである。

また本発明は、このような光通信ネットワークシステムに適用した場合に有用な光パス管理方法及びその装置に関し、光波長多重技術を用いた光ネットワークを構成する光クロスコネクタ装置、特に複数の小規模な光マトリクススイッチを組み合わせ構成され、最大で m 波長（ m は2以上の整数）の光信号を波長多重した光波長多重信号を送受信する最大で N 個（ N は2以上の整数）の通信ノードにおける任意の通信ノード間に光パスを確立する光クロスコネクタ装置において光パスを管理する技術に関する。

背景技術

近年、ブロードバンドサービスの普及や企業のインターネットを利用した情報交換の利用増加に伴い、通信トラフィックは恒常的に増加しており、通信ネットワークの大容量化及び高速化の要求は絶えることがない。

波長分割多重（WDM）通信技術は、光ファイバ1本あたりの伝送容量を大幅に増加させ、2地点間の大容量化を実現した。しかしながら、通信ノードにおいて光信号を中継する場合、波長多重光信号を波長ごとに分離し、各光信号内のデータパケットをパケット毎にルーティングする必要がある。

現在、データパケットのルーティングは、光信号を電気信号に変換して電氣的に行っているが、伝送速度の高速化や大容量化に伴い、膨大な信号の電気処理によるルーティングは近い将来限界に達する。

この問題の解決手段として、光信号を電気信号に変換せず、光の状態（光レイ

ヤ) でルーティングする波長パスルーティングが提案されている。

図 2 5 は、波長ルーティング機能を有するアレイ導波路回折格子を用いて実現した波長パスルーティングをベースとした光通信ネットワークシステムである（例えば、K. Kato et al, "32×32 full-mesh (1024 path) wavelength-routing WDM network based on uniform-loss cyclic-frequency arrayed-waveguide grating," IEE Electron. Lett., vol.36, no., pp.1294-1295, 2000.参照）。

図 2 5 に示す光通信ネットワークは、通信ノードが 4 つの場合を示しており、100-1～100-4 は通信ノード、110 は 4 個の入力ポートと 4 個の出力ポートをもつ 4×4 アレイ導波路回折格子、120-1～120-4 は通信ノード 100-1～100-4 からアレイ導波路回折格子 110 に向けて送出された光信号が通る上りの光伝送路、130-1～130-4 はアレイ導波路回折格子 110 から通信ノード 100-1～100-4 に向けて光信号が通る下りの光伝送路である。

アレイ導波路回折格子 110 は、入力ポート 140-1～140-4 と出力ポート 150-1～150-4 をもつ光部品であり、入力ポート 140-1～140-4 に入力された光信号を出力する出力ポート 150-1～150-4 は、その光信号の波長によって一意的に決定される。

上りの光伝送路 120-1～120-4 はそれぞれアレイ導波路回折格子 110 の入力ポート 140-1～140-4 に接続され、また下りの光伝送路 130-1～130-4 はそれぞれアレイ導波路回折格子 110 の出力ポート 150-1～150-4 に接続されている。

図 2 6 及び図 2 7 は、4 個の入力ポート 140-1～140-4 と 4 個の出力ポート 150-1～150-4 をもつ 4×4 アレイ導波路回折格子 110 の入力ポート 140-1～140-4 と出力ポート 150-1～150-4 が、波長によってどのように結ばれているかを示している。

図 2 6 は波長周回性を有する 4×4 アレイ導波路回折格子 110 の場合を示し、また図 2 7 は波長周回性を有しない場合を示している。

例えば、図 2 6 において、入力ポート 140-1 に λ_3 の波長の光信号が入力されたとき、この波長 λ_3 の光信号は出力ポート 150-3 より出力される。従って、通信ノード 100-1 から波長 λ_3 の光信号を送出すると、波長 λ_3 の光信号は光伝送路 120-1 を通ってアレイ導波路回折格子 110 の入力ポート 140-1 に入力し、波長ル

ーティングにより波長 λ_3 の光信号はアレイ導波路回折格子110の出力ポート150-3から出力する。その後、波長 λ_3 の光信号は光伝送路130-3を通して通信ノード100-3に届く。このように、アレイ導波路回折格子110の波長ルーティング機能を用いることにより、光信号を電気信号に変換することなく光信号の波長に基づいた光レイヤでのルーティングを行い、通信ノード100-1~100-4間の通信が可能である。

また、2つの通信ノード間に2波長以上の光パスを設けて、通信容量の増加に対応することの可能なネットワークシステムとして、図28に示すような構成の光通信ネットワークが知られている（特開2000-134649号公報、特開2002-165238号公報、特開2002-262319号公報参照）。

図28に示す光通信ネットワークは、通信ノード数が4の場合を示している。図28中で、1200-1から1200-4は通信ノード、1220-1から1220-4は波長群光分波装置、1230-1から1230-4は波長群光合波装置、1240は光スイッチを示している。

通信ノード1200-1から1200-4は、複数の光信号を波長多重化して送出する。送出された光信号は、それぞれ波長群光分波装置1220-1から1220-4に入力される。波長群光分波装置は入力された波長多重信号を、複数の出力ポートに分配する機能を有する。このとき、各出力ポートから出力される信号は、あらかじめ定められた波長の組み合わせ、すなわち波長群を単位として、波長多重化されている。波長群光分波装置から出力された光信号は、光スイッチ1240で経路を切り替えられ、その出力は、波長群光合波装置1230-1から1230-4に入力される。波長群光合波装置は波長群光分波装置と逆に、波長群単位で波長多重化された信号を、1つの出力ポートに束ねる機能を有している。波長群光合波装置1230-1から1230-4から出力された信号は通信ノード1200-1から1200-4に入力され、受信される。

このような光通信ネットワークにおいては、波長群を単位として2つの通信ノード間に光パスを設けることができるため、波長群の中に含まれる波長数を上限として、複数の光パスを通信ノード間に設けることができる。

なお、図29のように、光スイッチ1240を複数の小規模な光スイッチ12

40-1から1240-3を組み合わせで構成する方法も知られている（特開2001-8244号公報参照）。

なお、波長群光分波装置あるいは波長群光合波装置に20nm間隔のグリッドを有するCWDM（Coarse WDM）規格を用い、20nmの帯域内に100GHz（約0.8nm）間隔のDWDM（Dense WDM）信号を収容して波長群を形成する光通信ネットワークが知られている（特開2002-300137号公報参照）。

しかしながら、前述した従来のアレイ導波路回折格子110の波長ルーティングをベースとした光通信ネットワークシステムでは、通信ノード100-1は波長 λ_3 の光信号により通信ノード100-3に情報を送ることができるが、通信ノード100-1から通信ノード100-3への通信容量を1波の光信号の伝送容量以上に増加させることは困難である。

即ち、図25に示した従来技術では2つの通信ノード間に光パスを1つしか確立できない。このように、アレイ導波路回折格子110の波長ルーティングをベースとした従来構成の光通信ネットワークシステムでは、通信ノード間の光パスを増やすことによる通信容量の増加が非常に難しいという問題点があった。

また、波長群を単位として通信ノード間に光パスを形成する方法では、ある通信ノードが情報を送信できる通信ノードは、波長群の数に制限されてしまい、波長群の数を越える通信ノードがある場合に、一旦別の通信ノードを経由しないと情報が届かない通信ノードの組み合わせが生じてしまうという問題があった。

一方、図30は従来の光クロスコネクタ装置の一例（R. Ramaswami, K. N. Sivarajan, "Optical Networks", Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1998, p. 341 等参照）を示すもので、図中、1-1, 1-2, ... 1-Nは光分波回路、2-1, 2-2, ... 2-Nは光合波回路、3-1, 3-2, ... 3-mは光マトリクススイッチ、4-1, 4-2, ... 4-Nは入力光ファイバ（入力側の光伝送路）、5-1, 5-2, ... 5-Nは出力光ファイバ（出力側の光伝送路）である。

光分波回路1-1～1-Nは、それぞれ1個の入力ポート及びm個の出力ポー

トを有し、入力ポートは入力光ファイバ $4-1 \sim 4-N$ を介して一の通信ノード（図示せず）に接続され、該一の通信ノードから入力ポートに入力された光波長多重信号を波長毎に分波して各出力ポートから出力する。

光合波回路 $2-1 \sim 2-N$ は、それぞれ m 個の入力ポート及び1個の出力ポートを有し、出力ポートは出力光ファイバ $5-1 \sim 5-N$ を介して一の通信ノード（図示せず）に接続され、各入力ポートに入力された最大で m 波長の光信号を波長多重して光波長多重信号とし、出力ポートから前記一の通信ノードに出力する。

。

光マトリクススイッチ $3-1 \sim 3-m$ は、それぞれ N 個の入力ポート及び N 個の出力ポートを有し、各入力ポートは光分波回路 $1-1 \sim 1-N$ の出力ポートのうち同一波長の光信号を出力する出力ポートにそれぞれ接続され、各出力ポートは光合波回路 $2-1 \sim 2-N$ の入力ポートに個別に接続されている。

このような光クロスコネクタ装置において、各通信ノードから入力光ファイバ $4-1 \sim 4-N$ を介して伝送された m 波長の光波長多重信号は、光分波回路 $1-1 \sim 1-N$ に入力され、波長毎に分波されて別々の出力ポートから出力され、波長毎にそれぞれ異なる光マトリクススイッチ $3-1 \sim 3-m$ に入力される。光マトリクススイッチ $3-1 \sim 3-m$ に入力された光信号は、同じ波長の光信号が同じ出力光ファイバから出力されないという条件、言い換えれば同じ波長の光信号を同じ光合波回路に入力しないという条件の下で、所望の出力光ファイバ $5-1 \sim 5-N$ に出力されるように経路、即ち出力先の光合波回路 $2-1 \sim 2-N$ が切り替えられ、該光合波回路 $2-1 \sim 2-N$ に入力された m 波長の光信号は波長多重化され、出力光ファイバ $5-1 \sim 5-N$ を介して各通信ノードへ伝送される。

図30の回路では、全ての入力光ファイバに多重化された全ての波長の光信号を、所望の出力光ファイバから出力されるように設定することができる。しかしながら、同じ波長の光信号が同じ出力光ファイバから出力されないという条件により、入力光ファイバと出力光ファイバとの間の光パスは、自由に設定することはできない。

例えば、入力光ファイバと出力光ファイバの本数がそれぞれ8本であり、波長多重数が4である場合を考える。この時、入力光ファイバと出力光ファイバとの

間の光パスが整理されておらず、図 3 1 A～図 3 1 Dに示すように

1 番目の入力光ファイバと 3 番目の出力光ファイバとの間、3 番目の入力光ファイバと 1 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_1 を使って光パスを確立し、

2 番目の入力光ファイバと 5 番目の出力光ファイバとの間、5 番目の入力光ファイバと 2 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_2 を使って光パスを確立し、

2 番目の入力光ファイバと 8 番目の出力光ファイバとの間、8 番目の入力光ファイバと 2 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_3 を使って光パスを確立し、

1 番目の入力光ファイバと 3 番目の出力光ファイバとの間、3 番目の入力光ファイバと 1 番目の出力光ファイバとの間を波長 λ_4 を使って光パスを確立している状況下で、

さらに 1 番目の入力光ファイバと 2 番目の出力光ファイバとの間、2 番目の入力光ファイバと 1 番目の出力光ファイバとの間に光パスを確立するように光マトリクススイッチを設定することは、 λ_1 から λ_4 までのどの波長が通る光マトリクススイッチを用いても、既存の光パスと同じ波長の信号が同じ出力光ファイバから出力されてしまうため、実現できない。

一方、前記同様の入力光ファイバと出力光ファイバとの間の光パスの確立を実現する方法として、入力光ファイバと出力光ファイバとの間の光パスが整理されている図 3 2 A～図 3 2 Dに示すような方法がある。即ち

1 番目の入力光ファイバと 3 番目の出力光ファイバとの間、3 番目の入力光ファイバと 1 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_1 を使って光パスを確立し、

2 番目の入力光ファイバと 5 番目の出力光ファイバとの間、5 番目の入力光ファイバと 2 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_1 を使って光パスを確立し、

2 番目の入力光ファイバと 8 番目の出力光ファイバとの間、8 番目の入力光ファイバと 2 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_2 を使って光パスを確立し、

1 番目の入力光ファイバと 3 番目の出力光ファイバとの間、3 番目の入力光ファイバと 1 番目の出力光ファイバとの間に波長 λ_2 を使って光パスを確立する、ような方法もある。

この状況下では、さらに 1 番目の光ファイバと 2 番目の光ファイバとの間に光パスを確立するように光マトリクススイッチを設定することは、波長 λ_3 あるいは

は波長 λ_4 を用いれば可能であり、先の場合に比べて光マトリクススイッチの利用効率を高めることができる。

このように、小規模な光マトリクススイッチを組み合わせて得られる光クロスコネクト装置を効率的に利用するためには、効率を高められるように波長の使い方を工夫して光パスを確立する必要がある。

発明の開示

本発明の目的は上記の問題点に鑑み、通信ノード間の光パスを容易に増すことができ、通信容量を増加させることを可能にする、柔軟性や拡張性に優れた光通信ネットワークシステム及びその波長ルーティング装置並びに通信ノードを提供することである。

また、本発明の目的は、アレイ導波路回折格子を波長ルーティングに用いることで、全ての通信ノード間に光パスを設けるフルメッシュ接続性を有する光通信ネットワークシステム及びその波長ルーティング装置並びに通信ノードを提供することである。

さらに、本発明の目的は、小規模な光マトリクススイッチを組み合わせて形成される光クロスコネクト装置の利用効率を高めることができる光パスの管理方法及びその装置を提供することにある。

上記の目的を達成するために、本発明は、複数の通信ノードと、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置と、前記通信ノードと前記波長ルーティング装置とを接続して通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムであって、前記波長ルーティング装置は、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N (N は2以上の整数)個の装置入力ポートと、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N 個の装置出力ポートと、前記 N 個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、前記 N 個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、 K ($K \geq N$; K は

整数) 個の入力ポートおよびK個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有するR個 (RはJ以上の整数、Jは2以上の整数) のK×Kアレイ導波路回折格子とを備え、前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域 (波長帯域=中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R-1$ 、mは整数) 毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、前記K×Kアレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ ($\lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1 < \lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2$)、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda_{B_2} + \Delta \lambda_2 < \lambda_{B_3} - \Delta \lambda_3$)、…、中心波長 $\lambda_{B_R} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda_{B_{R-1}} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda_{B_R} - \Delta \lambda_R$) の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、前記N個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記K×Kアレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、前記K×Kアレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続されている。

本発明によれば、所定の通信ノードから、例えば、波長帯域 $\lambda_{B_m} \pm \Delta \lambda_m$ 内の光信号が送出されるとこの光信号は、光伝送路を伝送し、波長ルーティング装置の波長帯域光分離器の入力ポートに到達し、波長帯域光分離器によって波長帯域の光分離が行われて、所定の出力ポートから出力する。波長帯域光分離器の出力ポートから出力した光信号は、その波長帯域に応じたアレイ導波路回折格子の入力ポートに入力する。

アレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係から、アレイ導波路回折格子の入力ポートに入力した光信号はアレイ導波路回折格子の所定の出力ポートよ

り出力する。

アレイ導波路回折格子の出力ポートから出力した光信号は、波長帯域光合波器の入力ポートに入力し、波長帯域光合波器によって他の波長帯域の光信号と合波されて出力ポートから出力する。

波長帯域光合波器の出力ポートから出力した光信号は、光伝送路を伝送し、通信ノードに達する。

このようにして、一の通信ノードから他の通信ノードへデータを送信する際には、通信ノードから送信する光信号の波長の波長帯域 $\lambda_{Bm} \pm \Delta \lambda_m$ を変えることで波長帯域毎に光のパスを用いることができる。

光通信ネットワークシステムを構成する通信ノードと波長ルーティング装置は従来例と同じように、1対の光ファイバで接続されているが、本発明では、波長ルーティング装置において波長帯域毎に独立にアレイ導波路回折格子を設置し、かつ各通信ノード及び波長ルーティング装置において波長帯域の光合波ならびに波長帯域の光分離を行うことにより、波長帯域毎に1つの光パスを通信ノード間で形成することが可能である。

従って、図25に示した従来技術では1対の光伝送路では通信ノード間で1つの光パスしか形成することができなかったが、本発明の構成を適用することにより最大で波長帯域の数と同じ数の光パスを形成することができ、容易に通信ノード間の通信容量を増加させることができる。

また、本発明の光通信ネットワークシステムは、光パスの増設に際して、光パスの増設が必要な通信ノード間に対してのみ必要な設備を追加すればよく、柔軟性や経済性にも優れている。

さらに、波長群を単位として通信ノード間に光パスを形成する従来の光通信ネットワークシステムでは、波長群の数を越える通信ノードがあると、一旦別の通信ノードを経由させる必要があった。これに対して、本発明によれば、全ての通信ノード間に光パスを設けるフルメッシュ接続性を有する光通信ネットワークシステムを実現することができる。したがって、波長群の数を越える通信ノードが存在する場合であっても別の通信ノードを経由させる必要がない。

また、上記構成の光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノードは、

J (2以上の整数) 個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記J個の各入力ポートIP[1]、IP[2]、IP[3]、…、IP[J]はそれぞれ、中心波長 λ_{B_1} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_1$ 、中心波長 λ_{B_2} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_2$ 、中心波長 λ_{B_3} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_3$ 、…、中心波長 λ_{B_J} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_J$ 、(ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta\lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta\lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、mは整数)の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力するJ×1波長帯域光合波器と、前記J×1波長帯域光合波器の各入力ポートIP[1]、IP[2]、IP[3]、…、IP[J]毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記J×1波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 λ_{B_m} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機とを備え、前記J×1波長帯域光合波器の前記出力ポートが、前記波長ルーティング装置の前記装置入力ポートに光導波路を介して接続されるようにしても良い。

これによれば、通信ノードにおいて異なる複数の通信波長帯域内の異なる波長の光信号を送信可能になるので、図25に示した従来技術では1対の光伝送路では通信ノード間で1つの光パスしか形成することができなかったが、本発明の構成を適用することにより最大で波長帯域の数と同じ数の光パスを形成することができ、容易に通信ノード間の通信容量を増加させることができる。また、本発明の光通信ネットワークシステムは、光パスの増設に際して、光パスの増設が必要な通信ノード間に対してのみ必要な設備を追加すればよく、柔軟性や経済性にも優れている。

また、上記構成の光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノードは、J (2以上の整数) 個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入力ポートに入力される中心波長 λ_{B_1} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_1$ 、中心波長 λ_{B_2} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_2$ 、中心波長 λ_{B_3} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_3$ 、…、中心波長 λ_{B_J} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_J$ (ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta\lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta\lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、mは整数)の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記J個の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]に出力する1×J波長帯域光分離器と、前記1×J波長帯域光分離器の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]毎に設けられ、

2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続されるようにしても良い。

これによれば、通信ノードにおいて異なる複数の通信波長帯域内の異なる波長の光信号を受信可能になるので、図25に示した従来技術では1対の光伝送路では通信ノード間で1つの光パスしか形成することができなかったが、本発明の構成を適用することにより最大で波長帯域の数と同じ数の光パスを形成することができ、容易に通信ノード間の通信容量を増加させることができる。また、本発明の光通信ネットワークシステムは、光パスの増設に際して、光パスの増設が必要な通信ノード間に対してのみ必要な設備を追加すればよく、柔軟性や経済性にも優れている。

また、上記構成の光通信ネットワークシステムにおいて、前記通信ノードは、 J （2以上の整数）個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記 J 個の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ はそれぞれ、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda_{B_J} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、（ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、 m は整数）の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力する $J \times 1$ 波長帯域光合波器と、前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ のいずれかの入力ポートに接続され、接続された前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵し前記波長の光を出力する少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機と、前記波長可変光源内蔵光送信機が接続されている入力ポート以外の前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機と、 J （2以上の整数）個の出力ポートと1つの入力

ポートを有し、前記1つの入力ポートは中心波長 λ_{B_1} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_1$ 、中心波長 λ_{B_2} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_2$ 、中心波長 λ_{B_3} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_3$ 、…、中心波長 λ_{B_J} ±波長帯域幅 $\Delta\lambda_J$ （ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta\lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta\lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、 m は整数）の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記J個の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]に出力する1×J波長帯域光分離器と、前記1×J波長帯域光分離器の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートに接続され、前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号を受信する光受信機と、前記光受信機が接続されている出力ポート以外の前記1×J波長帯域光分離器の各出力ポート毎に設けられ、2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記1×J波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、前記1×J波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続されるようにしても良い。

これによれば、前記J×1波長帯域光合波器の各入力ポートIP[1]、IP[2]、IP[3]、…、IP[J]のいずれかの入力ポートには、前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵した少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機から光合波器を介さずに光信号が入力され、前記1×J波長帯域光分離器の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートから出力された光信号すなわち前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号は光分波器を介さずに光受信機に入力される。

また、上記構成の光通信ネットワークシステムが、更に、異なる2つの通信ノード間の光パスを制御する光パス管理手段を備え、全ての前記通信ノードに設けられ同一の波長帯域の光信号を出力する前記波長可変光源内蔵光送信機の組が少なくとも一つ存在し、これら波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記J×1波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域がK個（Kは2以上の整数）ある場合には、前記光パス管理手段は、各前記波長可変光源内蔵光送信機に接続さ

れた前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域に相異なる 1 番から K 番までの優先順位を割り当て、前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域のうち、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在する光パスの波長帯域の中で最も大きな番号の優先順位が b 番目であり、 x 番目の通信ノード又は y 番目の通信ノードを始終点とする光パスが存在しない波長帯域の中で最も小さな番号の優先順位が a 番目であり、 a 番が b 番よりも小さい番号である時に、 a 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間の光パスを設立し、その後、 b 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在していた光パスを停止するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御するようにしても良い。

また、上記構成の光通信ネットワークシステムにおいて、波長帯域毎の光パスを記載したデータベースと、新たに $x \times x$ 番目の通信ノードと $y \times y$ 番目の通信ノードとの間の光パスを確立する必要が生じた時、前記データベースにおいて優先順位の番号の小さい波長帯域に対応するデータから順に $x \times x$ 番目の通信ノードと $y \times y$ 番目の通信ノードが共に未使用の波長帯域を検索する第 1 の検索手段と、該第 1 の検索手段による検索結果に従う光パスを確立するための指示を前記光パス管理手段に伝達する第 1 の伝達手段と、新たに確立した光パスを前記データベースに登録する第 1 のデータベース更新手段と、 $x \times x \times x$ 番目の通信ノードと $y \times y \times y$ 番目の通信ノードとの間で既に確立されている光パスがなくなかった時、前記データベースにおいて優先順位の番号の大きい波長帯域に対応するデータから順に $x \times x \times x$ 番目の通信ノードと $y \times y \times y$ 番目の通信ノードとの間で光パスが確立されている波長帯域を検索する第 2 の検索手段と、該第 2 の検索手段による検索結果に従う光パスを停止するための指示を前記光パス管理手段に伝達する第 2 の伝達手段と、停止した光パスを前記データベースから削除する第 2 のデータベース更新手段前記データベースにおいて、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードとの間で光パスが確立している波長帯域の中で最も大きい優先順位の番号 b と、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードを使用していない波長帯域の中で最も小さい優先順位の番号 a とを、予め定めた順に全ての x 及び y の組み合わせについて

検索し、 a が b より小さい数である x , y , a , b の組み合わせを抽出する抽出手段と、該当する組み合わせが存在する時、 a 番目の波長帯域を用いて x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードの光パスを確立するための指示を前記光パス管理手段に伝達し、その後、 b 番目の波長帯域を用いて x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードの光パスを停止するための指示を前記光パス管理手段に伝達する第 3 の伝達手段と、新たに確立した光パスを前記データベースに登録し、停止した光パスを前記データベースから削除する第 3 のデータベース更新手段とをさらに具備するようにしても良い。

このように構成することで通信ノード間の光パスが常に整理された状態となり、光クロスコネクタ装置の利用効率を高めることができる。

また、上記構成の光通信ネットワークシステムにおいて、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子が波長周回性を有するようにしても良い。

また、本発明は、複数の通信ノードと通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムに設けられ、前記光伝送路により前記通信ノードと接続され、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置であって、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N (N は 2 以上の整数) 個の装置入力ポートと、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N 個の装置出力ポートと、前記 N 個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、前記 N 個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、 K ($K \geq N$; K は整数) 個の入力ポートおよび K 個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有する R 個 (R は J 以上の整数、 J は 2 以上の整数) の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域 (波長帯域 = 中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R-1$ 、 m は整数) 毎にそれぞれ

所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ ($\lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1 < \lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2$)、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda_{B_2} + \Delta \lambda_2 < \lambda_{B_3} - \Delta \lambda_3$)、…、中心波長 $\lambda_{B_R} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda_{B_{R-1}} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda_{B_R} - \Delta \lambda_R$)の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、前記 N 個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続されている。

また、本発明は、複数の通信ノードと、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置と、前記通信ノードと前記波長ルーティング装置とを接続して通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムにおいて、異なる2つの通信ノード間の光パスを制御する光パス管理装置であって、前記波長ルーティング装置は、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N (N は2以上の整数)個の装置入力ポートと、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N 個の装置出力ポートと、前記 N 個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、前記 N 個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、 K ($K \geq N$; K は整数)個の入力ポートおよび K 個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光

の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有する R 個（ R は J 以上の整数、 J は2以上の整数）の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域（波長帯域＝中心波長 $\lambda B_m \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda B_m + \Delta \lambda_m \leq \lambda B_{m+1} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R-1$ 、 m は整数）毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda B_1 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda B_2 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ （ $\lambda B_1 + \Delta \lambda_1 < \lambda B_2 - \Delta \lambda_2$ ）、中心波長 $\lambda B_3 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ （ $\lambda B_2 + \Delta \lambda_2 < \lambda B_3 - \Delta \lambda_3$ ）、…、中心波長 $\lambda B_R \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ （ $\lambda B_{R-1} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda B_R - \Delta \lambda_R$ ）の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、前記 N 個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続され、前記通信ノードは、 J （2以上の整数）個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記 J 個の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ はそれぞれ、中心波長 $\lambda B_1 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda B_2 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda B_3 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda B_J \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、（ただし、 $\lambda B_m + \Delta \lambda_m \leq \lambda B_{m+1} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、 m は整数）の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力する $J \times 1$ 波長帯域光合波器と、前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ のいずれかの入力ポートに接続され、接続された前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵し前記波長の光を出力する少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機と、前記波長可変光

源内蔵光送信機が接続されている入力ポート以外の前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda B_m \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機と、 J (2以上の整数) 個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入力ポートは中心波長 $\lambda B_1 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda B_2 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda B_3 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、 \dots 、中心波長 $\lambda B_J \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ (ただし、 $\lambda B_m + \Delta \lambda_m \leq \lambda B_{m+1} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、 m は整数) の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記 J 個の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、 \dots 、 $OP[J]$ に出力する $1 \times J$ 波長帯域光分離器と、前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、 \dots 、 $OP[J]$ のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートに接続され、前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号を受信する光受信機と、前記光受信機が接続されている出力ポート以外の前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート毎に設けられ、2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続され、前記光パス管理装置は、全ての前記通信ノードに設けられ同一の波長帯域の光信号を出力する前記波長可変光源内蔵光送信機の組が少なくとも一つ存在し、これら波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域が K 個 (K は2以上の整数) ある場合に、各前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域に相異なる1番から K 番までの優先順位を割り当てる手段と、前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域のうち、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在する光パスの波長帯域の中で最も大きな番号の優先順位が b 番目であり、 x

番目の通信ノード又はy番目の通信ノードを始終点として存在する光パスに使用していない波長帯域の中で最も小さな番号の優先順位がa番目であり、a番がb番よりも小さい番号であることを検出する手段と、a番がb番よりも小さい番号であることが検出された場合、a番目の優先順位の波長帯域でx番目の通信ノードとy番目の通信ノード間の光パスを設立し、その後に、b番目の優先順位の波長帯域でx番目の通信ノードとy番目の通信ノード間に存在していた光パスを停止するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する手段とを具備する。

また、本発明は、複数の通信ノードと、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置と、前記通信ノードと前記波長ルーティング装置とを接続して通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムにおいて、異なる2つの通信ノード間の光パスを制御する光パス管理方法であって、前記波長ルーティング装置は、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続されたN（Nは2以上の整数）個の装置入力ポートと、前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続されたN個の装置出力ポートと、前記N個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、前記N個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、K（ $K \geq N$ ；Kは整数）個の入力ポートおよびK個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有するR個（RはJ以上の整数、Jは2以上の整数）の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域（波長帯域＝中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R - 1$ 、mは整数）毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に

合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda B_1 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda B_2 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ ($\lambda B_1 + \Delta \lambda_1 < \lambda B_2 - \Delta \lambda_2$)、中心波長 $\lambda B_3 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda B_2 + \Delta \lambda_2 < \lambda B_3 - \Delta \lambda_3$)、…、中心波長 $\lambda B_R \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda B_{R-1} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda B_R - \Delta \lambda_R$)の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、前記 N 個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続され、前記通信ノードは、 J (2 以上の整数)個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記 J 個の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ はそれぞれ、中心波長 $\lambda B_1 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda B_2 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda B_3 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda B_J \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、(ただし、 $\lambda B_m + \Delta \lambda_m \leq \lambda B_{m+1} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、 m は整数)の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力する $J \times 1$ 波長帯域光合波器と、前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ のいずれかの入力ポートに接続され、接続された前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵し前記波長の光を出力する少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機と、前記波長可変光源内蔵光送信機が接続されている入力ポート以外の前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda B_m \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機と、 J (2 以上の整数)個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入力ポートは中心波長 $\lambda B_1 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda B_2 \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波

長 $\lambda B_j \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_j$ 、 \dots 、中心波長 $\lambda B_j \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_j$ （ただし、 $\lambda B_m + \Delta \lambda_m \leq \lambda B_{m+1} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、 m は整数）の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記 J 個の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、 \dots 、 $OP[J]$ に出力する $1 \times J$ 波長帯域光分離器と、前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、 \dots 、 $OP[J]$ のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートに接続され、前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号を受信する光受信機と、前記光受信機が接続されている出力ポート以外の前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート毎に設けられ、2 以上の出力ポートと 1 つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の前記 1 つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続され、前記光パス管理方法は、全ての前記通信ノードに設けられ同一の波長帯域の光信号を出力する前記波長可変光源内蔵光送信機の組が少なくとも一つ存在し、これら波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域が K 個（ K は 2 以上の整数）ある場合には、各前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域に相異なる 1 番から K 番までの優先順位を割り当てる過程と、前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域のうち、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在する光パスの波長帯域の中で最も大きな番号の優先順位が b 番目であり、 x 番目の通信ノード又は y 番目の通信ノードを始終点として存在する光パスに使用していない波長帯域の中で最も小さな番号の優先順位が a 番目であり、 a 番が b 番よりも小さい番号である時に、 a 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間の光パスを設立するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する過程と、前記 a 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間の光パスを設立した後、 b 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間

に存在していた光パスを停止するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する過程とを備えている。

また、本発明は上述した光パス管理方法の各過程をコンピュータに実行させる光パス管理プログラムである。

また、本発明はこの光パス管理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体である。

図面の簡単な説明

図1は本発明の第1実施形態における光通信システムの全体構成を示す図である。

図2は本発明の第1実施形態における光通信システムの波長帯域光分離器を説明する図である。

図3は本発明の第1実施形態における光通信システムの波長帯域光合波器を説明する図である。

図4は本発明の第1実施形態におけるアレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係を示す図である。

図5は本発明の第1実施形態におけるアレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係を示す図である。

図6は本発明の第1実施形態におけるアレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係を示す図である。

図7は本発明の第1実施形態におけるアレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係を示す図である。

図8は本発明の第1実施形態における各通信ノードの光送受信部の構成を示すブロック図である。

図9は本発明の第2実施形態における通信ノードの光送受信部の初期構築時の構成例を示すブロック図である。

図10は本発明の第2実施形態における通信ノードの異なる波長帯域の光送受信部の増設時の構成例を説明するブロック図である。

図11は本発明の第2実施形態における通信ノードの異なる波長帯域の光送受

信部の増設時の構成例を説明するブロック図である。

図12は本発明の第3実施形態における通信ノードの光送受信部の構成例を示すブロック図である。

図13は本発明の第4実施形態における各通信ノードの光送受信部の構成を説明するブロック図である。

図14A～図14Hは本発明における第4実施形態における送信モジュールと受信モジュールの構造を示すブロック図である。

図15は本発明の第4実施形態における送受信装置制御装置及び光パス管理装置の接続関係を示すブロック図である。

図16は本発明の第4実施形態における光パス管理装置の構成を示すブロック図である。

図17は本発明の第4実施形態における光パス管理装置のデータベースの一例を示す図である。

図18は本発明の第5実施形態を示す構成図である。

図19A～図19Dは光マトリクススイッチの光パスを記載したデータベースの一例を示す説明図である。

図20は本発明の第5実施形態による光パス管理装置における処理の流れ図である。

図21は本発明の第5実施形態による光パス管理装置における処理の流れ図である。

図22は本発明の第5実施形態による光パス管理装置における処理の流れ図である。

図23は本発明の第6実施形態を示す構成図である。

図24は本発明の第7実施形態を示す構成図である。

図25は従来例のアレイ導波路回折格子を用いて実現した波長パスルーティングをベースとした光通信ネットワークシステムの構成を示すブロック図である。

図26は従来例におけるアレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係を示す図である。

図27は従来例におけるアレイ導波路回折格子の入出力ポートと波長の関係を

示す図である。

図28は従来の波長群を利用した光ネットワークシステムの一構成例を示すブロック図である。

図29は従来の波長群を利用した光ネットワークシステムの他の構成例を示すブロック図である。

図30は従来の光クロスコネクタ装置の一例を示す構成図である。

図31A～図31Dは光パスが整理されていない場合の入力光ファイバと出力光ファイバの間の光パスの一例を示す説明図である。

図32A～図32Dは光パスが整理されている場合の入力光ファイバと出力光ファイバの間の光パスの一例を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の各実施形態を説明する。

尚、本発明の第1実施形態～第4実施形態では、本発明の光通信ネットワークシステムにおける波長ルーティング装置の装置入力ポートおよび装置出力ポートの数Nとして、それぞれ4を例にとつて説明しているが、これに限定されるものではなく、Nは2以上の整数であればよい。

<第1実施形態>

図1は、本発明の第1実施形態の光通信ネットワークシステムを示す構成図である。図1において、200-1～200-4は通信ノード、210は波長ルーティング装置、250-1～250-4ならびに260-1～260-4は通信ノード200-1～200-4と波長ルーティング装置210を接続する光伝送路（光ファイバ）である。

また、波長ルーティング装置210は、4つの装置入力ポート210-11～210-14及び4つの装置出力ポート210-21～210-24と、波長帯域光分離器220-1～220-4、波長帯域光合波器230-1～230-4、4×4アレイ導波路回折格子241～244を備えている。

通信ノード200-1は、光伝送路250-1を介して波長ルーティング装置210の第1装置入力ポート210-11に接続されていると共に、光伝送路260-1を介して波長ルーティング装置210の第1装置出力ポート210-21に接続されている。

通信ノード200-2は、光伝送路250-2を介して波長ルーティング装置210の第2装置入力ポート210-12に接続されていると共に、光伝送路260-2を介して波長ルーティング装置210の第2装置出力ポート210-22に接続されている。

通信ノード200-3は、光伝送路250-3を介して波長ルーティング装置210の第3装置入力ポート210-13に接続されていると共に、光伝送路260-3を介して波長ルーティング装置210の第3装置出力ポート210-23に接続されている。

通信ノード200-4は、光伝送路250-4を介して波長ルーティング装置210の第4装置入力ポート210-14に接続されていると共に、光伝送路260-4を介して波長ルーティング装置210の第4装置出力ポート210-24に接続されている。

波長帯域光分離器220-1~220-4のそれぞれは、1つの入力ポート221と4つの出力ポート222-1~222-4を有し、第1の波長帯域光分離器220-1の入力ポート221は第1装置入力ポート210-11に接続されている。また、第2の波長帯域光分離器220-2の入力ポート221は第2装置入力ポート210-12に接続され、第3の波長帯域光分離器220-3の入力ポート221は第3装置入力ポート210-13に接続され、第4の波長帯域光分離器220-4の入力ポート221は第4装置入力ポート210-14に接続されている。

波長帯域光合波器230-1~230-4のそれぞれは、1つの出力ポート232と4つの入力ポート231-1~231-4を有し、第1の波長帯域光合波器230-1の出力ポート232は第1装置出力ポート210-21に接続されている。また、第2の波長帯域光合波器230-2の出力ポート232は第2装置出力ポート210-22に接続され、第3の波長帯域光合波器230-3の出力ポート232は第3装置出力ポート210-23に接続され、第4の波長帯域光合波器230-4の出力ポート232は第4装置出力ポート210-24に接続されている。

尚、波長帯域光分離器220-1~220-4及び波長帯域光合波器230-1~230-4のそれぞれは、例えば、誘電体多層膜フィルタや、光ファイバで構成された光カプラ、或いは平面光導波路で構成された光カプラなどを用いて構成されている。

4×4アレイ導波路回折格子241は、例えば石英系光導波路で構成され、波長周回性を有すると共に、4つの入力ポート2411-1~2411-4と4つの出力ポート2412-1~2412-4を有し、第1乃至第4入力ポート2411-1~2411-4のそれぞれは記

述の順に第1乃至第4波長帯域光分離器220-1~220-4の第1出力ポート222-1に1対1に対応して接続され、第1乃至第4出力ポート2412-1~2412-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光合波器230-1~230-4の第1入力ポート231-1に1対1に対応して接続されている。

4×4アレイ導波路回折格子242は、4つの入力ポート2421-1~2421-4と4つの出力ポート2422-1~2422-4を有し、第1乃至第4入力ポート2421-1~2421-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光分離器220-1~220-4の第2出力ポート222-2に1対1に対応して接続され、第1乃至第4出力ポート2422-1~2422-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光合波器230-1~230-4の第2入力ポート231-2に1対1に対応して接続されている。

4×4アレイ導波路回折格子243は、4つの入力ポート2431-1~2431-4と4つの出力ポート2432-1~2432-4を有し、第1乃至第4入力ポート2431-1~2431-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光分離器220-1~220-4の第3出力ポート222-3に1対1に対応して接続され、第1乃至第4出力ポート2432-1~2432-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光合波器230-1~230-4の第3入力ポート231-3に1対1に対応して接続されている。

4×4アレイ導波路回折格子244は、4つの入力ポート2441-1~2441-4と4つの出力ポート2442-1~2442-4を有し、第1乃至第4入力ポート2441-1~2441-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光分離器220-1~220-4の第4出力ポート222-4に1対1に対応して接続され、第1乃至第4出力ポート2442-1~2442-4のそれぞれは記述の順に第1乃至第4波長帯域光合波器230-1~230-4の第4入力ポート231-4に1対1に対応して接続されている。

次に、波長ルーティング装置210を構成する部品について詳細に説明する。

波長帯域光分離器220(220-1~220-4)は、図2に示すように、1つの入力ポート221と、4つの出力ポート222-1~222-4を有し、第1出力ポート222-1からは波長帯域 $\lambda_{B_1} \pm \Delta \lambda_1$ (λ_{B_1} 、 $\Delta \lambda_1$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が出力され、第2出力ポート222-2からは波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ (λ_{B_2} 、 $\Delta \lambda_2$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が出力される。また、第3出力ポート222-3からは波長帯域 $\lambda_{B_3} \pm \Delta \lambda_3$ 、(λ_{B_3} 、 $\Delta \lambda_3$ はそれぞれ波

長を表している)に属する波長の光信号が出力され、第4出力ポート222-4からは波長帯域 $\lambda_{B_4} \pm \Delta \lambda_4$ (λ_{B_4} 、 $\Delta \lambda_4$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が出力される。

本実施形態では、誘電体多層膜フィルタを活用した波長帯域光分離器220-1~220-4を用い、 $\lambda_{B_1} = 1511\text{ nm}$ 、 $\lambda_{B_2} = 1531\text{ nm}$ 、 $\lambda_{B_3} = 1551\text{ nm}$ 、 $\lambda_{B_4} = 1571\text{ nm}$ 、 $\Delta \lambda_1 = \Delta \lambda_2 = \Delta \lambda_3 = \Delta \lambda_4 = 9\text{ nm}$ である。

波長帯域光合波器230(230-1~230-4)は、図3に示すように、4つの入力ポート231-1~231-4、1つの出力ポート232を有し、第1入力ポート231-1には波長帯域 $\lambda_{B_1} \pm \Delta \lambda_1$ (λ_{B_1} 、 $\Delta \lambda_1$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が入力され、第2入力ポート231-2には波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ (λ_{B_2} 、 $\Delta \lambda_2$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が入力され、第3入力ポート231-3には波長帯域 $\lambda_{B_3} \pm \Delta \lambda_3$ (λ_{B_3} 、 $\Delta \lambda_3$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が入力され、第4入力ポート231-4には波長帯域 $\lambda_{B_4} \pm \Delta \lambda_4$ (λ_{B_4} 、 $\Delta \lambda_4$ はそれぞれ波長を表している)に属する波長の光信号が入力され、これら4つの入力ポート231-1~231-4に入力された光信号を合波して出力ポート232から出力する。

本実施形態では、誘電体多層膜フィルタを活用した波長帯域光合波器230-1~230-4を用い、 $\lambda_{B_1} = 1511\text{ nm}$ 、 $\lambda_{B_2} = 1531\text{ nm}$ 、 $\lambda_{B_3} = 1551\text{ nm}$ 、 $\lambda_{B_4} = 1571\text{ nm}$ 、 $\Delta \lambda_1 = \Delta \lambda_2 = \Delta \lambda_3 = \Delta \lambda_4 = 9\text{ nm}$ である。

アレイ導波路回折格子241~244は、前述したように4つの入力ポートと4つの出力ポートをもち、アレイ導波路回折格子241は、その波長ルーティング特性が波長帯域 $\lambda_{B_1} \pm \Delta \lambda_1$ に属する波長に対して設計されたものであり、各入出力ポートと波長 λ_{11} 、 λ_{12} 、 λ_{13} 、 λ_{14} の関係は図4に示すとおりである。ただし、 λ_{11} 、 λ_{12} 、 λ_{13} 、 λ_{14} は互いに異なり、 $\lambda_{B_1} - \Delta \lambda_1 < \lambda_{11}$ 、 λ_{12} 、 λ_{13} 、 $\lambda_{14} < \lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1$ の関係を満たすものである。

アレイ導波路回折格子242は、その波長ルーティング特性が波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ に属する波長に対して設計されたものであり、各入出力ポートと波長 λ_{21} 、 λ_{22} 、 λ_{23} 、 λ_{24} の関係は図5に示すとおりである。ただし、 λ_{21} 、 λ_{22} 、 λ_{23} 、 λ_{24} は互いに異なり、 $\lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2 < \lambda_{21}$ 、 λ_{22} 、 λ_{23} 、 $\lambda_{24} < \lambda_{B_2}$

$+\Delta\lambda_2$ の関係を満たしている。

アレイ導波路回折格子243は、その波長ルーティング特性が波長帯域 $\lambda B_3 \pm \Delta\lambda_3$ に属する波長に対して設計されたものであり、各入出力ポートと波長 λ_{31} 、 λ_{32} 、 λ_{33} 、 λ_{34} の関係は図6に示すとおりである。ただし、 λ_{31} 、 λ_{32} 、 λ_{33} 、 λ_{34} は互いに異なり、 $\lambda B_3 - \Delta\lambda_3 < \lambda_{31}$ 、 λ_{32} 、 λ_{33} 、 $\lambda_{34} < \lambda B_3 + \Delta\lambda_3$ の関係を満たしている。

アレイ導波路回折格子244は、その波長ルーティング特性が波長帯域 $\lambda B_4 \pm \Delta\lambda_4$ に属する波長に対して設計されたものであり、各入出力ポートと波長 λ_{41} 、 λ_{42} 、 λ_{43} 、 λ_{44} の関係は図7に示すとおりである。ただし、 λ_{41} 、 λ_{42} 、 λ_{43} 、 λ_{44} は互いに異なり、 $\lambda B_4 - \Delta\lambda_4 < \lambda_{41}$ 、 λ_{42} 、 λ_{43} 、 $\lambda_{44} < \lambda B_4 + \Delta\lambda_4$ の関係を満たしている。

尚、本実施形態では、アレイ導波路回折格子241～244として石英系光導波路型を用いる。

次に、通信ノード200-1～200-4の構成について説明する。

図8は、各通信ノード200-1～200-4の光送受信部の構成を示すブロック図である。図8において、201は光送受信部、250は通信ノード200-1～200-4から出力された光信号を波長ルーティング装置210に導く光伝送路、260は波長ルーティング装置210から出力された光信号を通信ノード200-1～200-4に導く光伝送路である。

光送受信部201は、4つの入力ポートと1つの出力ポートを有する波長帯域光合波器230と、1つの入力ポートと4つの出力ポートを有する波長帯域光分離器220、4つの光送信部290-1～290-4、4つの光受信部300-1～300-4を備えている。

尚、波長帯域光分離器220及び波長帯域光合波器230のそれぞれは、例えば、誘電体多層膜フィルタや、光ファイバで構成された光カプラ、或いは平面光導波路で構成された光カプラなどを用いて構成されている。

波長帯域光合波器230の出力ポート230-21には光伝送路250が接続され、第1入力ポート230-11には第1光送信部290-1の出力信号光が入力される。また、波長帯域光合波器230の第2入力ポート230-12には第2光送信部290-2の出力信号光が

入力され、第3入力ポート230-13には第3光送信部290-3の出力信号光が入力され、第4入力ポート230-14には第4光送信部290-4の出力信号光が入力される。

第1光送信部290-1は、波長帯域 $\lambda_{B_1} \pm \Delta \lambda_1$ の光送信部で、4つの入力ポート271-11~271-14と1つの出力ポート271-21を有する光合波器271と、各入力ポート271-11~271-14に接続された4つの光送信機2711-1~2711-4とを備えている。また、各光送信機2711-1~2711-4のそれぞれは、入力した電気的なデータ信号をそれぞれ波長 λ_{11} 、 λ_{12} 、 λ_{13} 、 λ_{14} の光信号に変換して出力する。

第2光送信部290-2は、波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ の光送信部で、4つの入力ポート272-11~272-14と1つの出力ポート272-21を有する光合波器272と、各入力ポート272-11~272-14に接続された4つの光送信機2712-1~2712-4とを備えている。また、各光送信機2712-1~2712-4のそれぞれは、入力した電気的なデータ信号をそれぞれ波長 λ_{21} 、 λ_{22} 、 λ_{23} 、 λ_{24} の光信号に変換して出力する。

第3光送信部290-3は、波長帯域 $\lambda_{B_3} \pm \Delta \lambda_3$ の光送信部で、4つの入力ポート273-11~273-14と1つの出力ポート273-21を有する光合波器273と、各入力ポート273-11~273-14に接続された4つの光送信機2713-1~2713-4とを備えている。また、各光送信機2713-1~2713-4のそれぞれは、入力した電気的なデータ信号をそれぞれ波長 λ_{31} 、 λ_{32} 、 λ_{33} 、 λ_{34} の光信号に変換して出力する。

第4光送信部290-4は、波長帯域 $\lambda_{B_4} \pm \Delta \lambda_4$ の光送信部で、4つの入力ポート274-11~274-14と1つの出力ポート274-21を有する光合波器274と、各入力ポート274-11~274-14に接続された4つの光送信機2714-1~2714-4とを備えている。また、各光送信機2714-1~2714-4のそれぞれは、入力した電気的なデータ信号をそれぞれ波長 λ_{41} 、 λ_{42} 、 λ_{43} 、 λ_{44} の光信号に変換して出力する。

波長帯域光分離器220の入力ポート220-11には光伝送路260が接続され、第1出力ポート220-21から出力される信号光は第1光受信部300-1に入力される。また、波長帯域光分離器220の第2出力ポート220-22から出力される信号光は第2光受信部300-2に入力され、第3出力ポート220-23から出力される信号光は第3光受信部300-3に入力され、第4出力ポート220-24から出力される信号光は第4光受信部300-4に入力される。

第1光受信部300-1は、1つの入力ポート281-11と4つの出力ポート281-21~

281-24を有する光分波器281と、各出力ポート281-21～281-24に接続された4つの光受信機2811-1～2811-4とを備えている。

光分波器281は、その波長分波特性が波長帯域 $\lambda_{B_1} \pm \Delta \lambda_1$ に属する波長に対して設計されたものであり、波長 λ_{11} 、波長 λ_{12} 、波長 λ_{13} 、波長 λ_{14} の光信号が入力ポート281-11に入力すると、第1出力ポート281-21に波長 λ_{11} の光信号を出力し、第2出力ポート281-22に波長 λ_{12} の光信号を出力し、第3出力ポート281-23に波長 λ_{13} の光信号を出力し、第4出力ポート281-24に波長 λ_{14} の光信号を出力する。また、4つの光受信機2811-1～2811-4のそれぞれは、入力した光信号を電気信号に変換してデータ信号として出力する。

第2光受信部300-2は、1つの入力ポート282-11と4つの出力ポート282-21～282-24を有する光分波器282と、各出力ポート282-21～282-24に接続された4つの光受信機2812-1～2812-4とを備えている。

光分波器282はその波長分波特性が波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ に属する波長に対して設計されたものであり、波長 λ_{21} 、波長 λ_{22} 、波長 λ_{23} 、波長 λ_{24} の光信号が入力ポート282-11に入力すると、第1出力ポート282-21に波長 λ_{21} の光信号を出力し、第2出力ポート282-22に波長 λ_{22} の光信号を出力し、第3出力ポート282-23に波長 λ_{23} の光信号を出力し、第4出力ポート282-24に波長 λ_{24} の光信号を出力する。また、4つの光受信機2812-1～2812-4のそれぞれは、入力した光信号を電気信号に変換してデータ信号として出力する。

第3光受信部300-3は、1つの入力ポート283-11と4つの出力ポート283-21～283-24を有する光分波器283と、各出力ポート283-21～283-24に接続された4つの光受信機2813-1～2813-4とを備えている。

光分波器283はその波長分波特性が波長帯域 $\lambda_{B_3} \pm \Delta \lambda_3$ に属する波長に対して設計されたものであり、波長 λ_{31} 、波長 λ_{32} 、波長 λ_{33} 、波長 λ_{34} の光信号が入力ポート283-11に入力すると、第1出力ポート283-21に波長 λ_{31} の光信号を出力し、第2出力ポート283-22に波長 λ_{32} の光信号を出力し、第3出力ポート283-23に波長 λ_{33} の光信号を出力し、第4出力ポート283-24に波長 λ_{34} の光信号を出力する。また、4つの光受信機2813-1～2813-4のそれぞれは、入力した光信号を電気信号に変換してデータ信号として出力する。

第4光受信部300-4は、1つの入力ポート284-11と4つの出力ポート284-21～284-24を有する光分波器284と、各出力ポート284-21～284-24に接続された4つの光受信機2814-1～2814-4とを備えている。

光分波器284はその波長分波特性が波長帯域 $\lambda_{B_4} \pm \Delta \lambda_4$ に属する波長に対して設計されたものであり、波長 λ_{41} 、波長 λ_{42} 、波長 λ_{43} 、波長 λ_{44} の光信号が入力ポート284-11に入力すると、第1出力ポート284-21に波長 λ_{41} の光信号を出力し、第2出力ポート284-22に波長 λ_{42} の光信号を出力し、第3出力ポート284-23に波長 λ_{43} の光信号を出力し、第4出力ポート284-24に波長 λ_{44} の光信号を出力する。また、4つの光受信機2814-1～2814-4のそれぞれは、入力した光信号を電気信号に変換してデータ信号として出力する。

次に、本発明の第1本実施形態における光通信ネットワークシステムの動作に関して図1と図8を参照して説明する。ここでは一例として、通信ノード200-1が通信ノード200-3とデータ通信を行う場合を説明する。

通信ノード200-1において、波長帯域 $\lambda_{B_p} \pm \Delta \lambda_p$ (p は整数の変数であり、本実施形態では、 $p=1, 2, 3$ 、または4であり、以下の説明において同一値である)の光信号を送出する光送信機を有する光送信部290- p の光送信機271 p -3から出力された波長 λ_{p3} の光信号S13- p は、光合波器27 p と波長帯域光合波器230を介して、光伝送路250に出力される。

さらに、光信号S13- p は、光伝送路250を伝送し、波長ルーティング装置210の波長帯域光分離器220-1の入力ポート221に到達し出力ポート222- p から出力する。

出力ポート222- p から出力した光信号S13- p は、アレイ導波路回折格子24 p の第1入力ポート24 p 1-1に入力する。

図4乃至図7に示したアレイ導波路回折格子24 p の入出力ポートと波長の関係から、光信号S13- p はアレイ導波路回折格子24 p の第3出力ポート24 p 2-3より出力する。

アレイ導波路回折格子24 p の第3出力ポート24 p 2-3から出力した光信号S13- p は、波長帯域光合波器230-3の第 p 入力ポート231- p に入力し、出力ポート232から出力する。

波長帯域光合波器230-3の出力ポート232から出力した光信号S13-pは、光伝送路260-3を伝送し、通信ノード200-3の波長帯域光分離器220の入力ポート220-11に達する。

光信号S13-pは、通信ノード200-3の波長帯域光分離器220の出力ポート220-2pから出力され、光分波器28pに入力され、光分波器28pの出力ポート28p-23から出力され、光受信器281p-3によって受信される。

このようにして、通信ノード200-1から通信ノード200-3へデータを送信する際には、通信ノード200-1の波長帯域 $\lambda B_p \pm \Delta \lambda_p$ の光送信部290-pにある光送信機271p-3から送出される波長 λ_p の光信号S13-pを用いることができる。

即ち、本実施形態では、S13-1, S13-2, S13-3, S13-4の4つの光のパスを用いることができる。同様に、本実施形態では2つの通信ノード間で4つの光のパスにより通信を行うことができる。

以上のように本実施形態では、光通信ネットワークシステムを構成する通信ノード200-1～200-4と波長ルーティング装置210は従来例と同じように、1対の光ファイバで接続されているが、本実施形態では、波長ルーティング装置210において波長帯域毎に独立にアレイ導波路回折格子241～244を設置し、かつ各通信ノード200-1～200-4及び波長ルーティング装置210において波長帯域の光合波ならびに波長帯域の光分離を行うことにより、波長帯域毎に1つの光パスを通信ノード間で形成することが可能である。

従って、従来例では1対の光ファイバでは通信ノード間で1つの光パスしか形成することができなかったが、本実施形態の構成を適用することにより最大で波長帯域と同じ数の光パスを形成することができ、容易に通信ノード間の通信容量を増加させることができる。

<第2実施形態>

次に、本発明の第2実施形態を説明する。

第1実施形態ではすでに説明したように、4つの波長帯域(波長帯域 $\lambda B_1 \pm \Delta \lambda_1$ 、波長帯域 $\lambda B_2 \pm \Delta \lambda_2$ 、波長帯域 $\lambda B_3 \pm \Delta \lambda_3$ 、波長帯域 $\lambda B_4 \pm \Delta \lambda_4$ 、)を用いて4つの光パスを形成することができるが、光通信ネットワークシス

テムの構築の初期において、図9に示すように各通信ノード200-1～200-4に1つの波長帯域 $\lambda_{B_p} \pm \Delta \lambda_p$ (p は整数の変数であり、 $p=1, 2, 3$ 、または4のいずれか)の光送信部および光受信部を設け(図9は一例として $p=1$ の場合について図示している)、通信ノード間の通信容量に応じて波長帯域を増やすことが可能である。

例えば、図10は、図9に示した第2実施形態の各通信ノード200-1～200-4に対して、さらにもう1つの波長帯域の光送信部290-2ならびに光受信部300-2を追加した例である。これにより各通信ノード間には2つの光パスが形成される。

また、図10ではすべての通信ノード200-1～200-4に波長帯域の光送受信部を追加したが、通信帯域を増加したい通信ノード間に対してのみ波長帯域の追加を行うこともできる。例えば、通信ノード200-1～通信ノード200-4が光通信ネットワーク構築の初期に図9に示したように構成され、各通信ノード200-1～200-4が波長帯域 $\lambda_{B_1} \pm \Delta \lambda_1$ で光パスを形成し通信を行っていたとする。

その後、通信ノード200-1と通信ノード200-3との間に追加の通信帯域(光パス)が必要になった場合には、通信ノード200-1と通信ノード200-3に対してのみ、図11に示すように通信ノード200-1と通信ノード200-3との間の通信に必要な光送信機2712-3ならびに光受信機2812-3のみを実装した波長帯域 $\lambda_{B_p} \pm \Delta \lambda_p$ の光送信部290-2、光受信部300-2をそれぞれの通信ノードに追加すればよい。尚、図11には一例として $p=2$ の場合について図示している。

<第3実施形態>

次に、本発明の第3実施形態を図12を参照して説明する。尚、図12において、前述した第1実施形態と同一構成部分は同一符号をもって表しその説明を省略する。本実施形態では各通信ノード200-1～200-4において、光送信部290-2ならびに光送信部290-3のそれぞれに波長可変光源内蔵光送信機400-1, 400-2が実装され、また光受信部300-2並びに光受信部300-3のそれぞれに光受信機500-1, 500-2が実装されている。

波長可変光源内蔵光送信機400-1の出力ポートは、波長帯域光合波器230の入力ポート230-12に接続され、波長可変光源内蔵光送信機400-2の出力ポートは、波長帯域光合波器230の入力ポート230-13に接続されている。

波長可変光源内蔵光送信機400-1は、波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ に属する波長

λ_{21} , λ_{22} , λ_{23} , λ_{24} の光を出力することができ、また波長可変光源内蔵光送信機400-2は、波長帯域 $\lambda_{B_3} \pm \Delta \lambda_3$ に属する波長 λ_{31} , λ_{32} , λ_{33} , λ_{34} の光を出力することができる。

また、光受信機500-1の入力ポートは、波長帯域光分離器220の出力ポート220-22に接続され、光受信機500-2の入力ポートは、波長帯域光分離器220の出力ポート220-23に接続されている。

従って、各通信ノード200-1~200-4は、波長可変光源内蔵光送信機400-1, 400-2から出力する光信号の波長を、波長ルーティング装置210によって光パスを形成する必要のある通信ノードにルーティングされる値に設定することにより、光パスを増設することができる。

具体的には、通信ノード200-1が波長帯域 $\lambda_{B_2} \pm \Delta \lambda_2$ に属する波長の光信号を用いて通信ノード200-3と通信を行う場合には、通信ノード200-1の波長可変光源内蔵光送信機400-1から出力される光信号S13-2の波長を λ_{23} に設定する。光信号S13-2は、波長ルーティング装置210においてルーティングされ、通信ノード200-3の光受信機500-1によって受信される。また、通信ノード200-1が波長帯域 $\lambda_{B_3} \pm \Delta \lambda_3$ に属する波長の光信号を用いて通信ノード200-4と通信を行う場合には、通信ノード200-1の波長可変光源内蔵光送信機400-2から出力される光信号S14-3の波長を λ_{34} に設定する。光信号S14-3は、波長ルーティング装置210においてルーティングされ、通信ノード200-4の光受信機500-2によって受信される。

以上のように、通信ノード200-1~200-4に波長可変光源内蔵光送信機を具備した光送信部を設けることにより、その光送信部が属する波長帯域において柔軟に通信となる通信ノードを選択することが可能となる。

上記の波長可変光源内蔵光送信機400-1, 400-2としては、例えば、分布帰還型半導体レーザや多電極分布反射型半導体レーザ等を使用することができる。また、分布帰還型半導体レーザにおいてはその温度を変化させる手段を備えることにより温度に対応して半導体レーザから出力される光信号の波長を変えることができ、多電極分布反射型半導体レーザにおいてはその通電電流の値を変化させる手段を備えることにより電流値に対応して半導体レーザから出力される光信号の波長を変えることができる。

尚、上記実施形態は本発明の一具体例にすぎず、本発明が上記実施形態の構成のみ限定されることはない。例えば、上記実施形態では通信ノードの数や、波長ルーティング装置の装置入力ポートおよび装置出力ポートの数Nとして、それぞれ4を例にとりて説明しているが、これに限定されるものではなく、Nは2以上の整数であればよいことは言うまでもないことである。

<第4実施形態>

次に、本発明の第4実施形態を、図13を参照して説明する。なお、図13において、前述した第1実施形態と同一構成部分は同一符号をもって表し、その説明を省略する。本実施形態では、各通信ノード200-1～200-4において、光送信部290-a（aは1から4の整数）に送信モジュール310、光受信部300-aに受信モジュール311を実装する。

図14A～図14Hに、前記送信モジュール310と受信モジュール311の構造を示す。

図14A～図14H中、301は光送信機、302は光合波器、303は光分波器、304は光受信器、305は波長可変光源内蔵光送信機、306は光合波器、307は波長可変フィルタ、308は光分流器である。送信モジュールは310-1から310-4までの4種類があり、受信モジュールは311-1から311-4までの4種類がある。

以下、送信モジュール310-1から310-4と、受信モジュール311-1から311-4の構造を詳細に説明する。

送信モジュール310-1では、2つ以上の送信データがそれぞれ異なる光送信機301で定められる波長の光信号に変換され、光合波器302によって波長多重化されて出力される。受信モジュール311-1では、入力される波長多重化された光信号が、光分波器303によって波長ごとに分離され、それぞれ光受信器304によって受信信号に変換される。以降、この送信モジュール310-1と受信モジュール311-1の組み合わせを、第1の送受信モジュールと呼ぶ。なお、第1の送受信モジュールにおいて、必要に応じて光送信機301と光受信器304は削減しても構わない。

送信モジュール310-2では、1つの送信データが光送信機301で定めら

れる波長の光信号に変換され、出力される。受信モジュール311-2では、入力される単一波長の光信号が、光受信器304によって受信信号に変換される。以降、この送信モジュール310-2と受信モジュール311-2の組み合わせを、第2の送受信モジュールと呼ぶ。

送信モジュール310-3では、1つの送信データが波長可変光源内蔵光送信機305で定められる波長の光信号に変換され、出力される。受信モジュール311-3では、入力される単一波長の光信号が、光受信器304によって受信信号に変換される。以降、この送信モジュール310-3と受信モジュール311-3の組み合わせを、第3の送受信モジュールと呼ぶ。

送信モジュール310-4では、2つ以上の送信データがN個（Nは2以上の整数）の波長可変光源内蔵光送信機305で定められる、それぞれ異なる波長の光信号に変換され、光合流器306で合流して出力される。受信モジュール311-4では、入力されるN個以下の波長が多重された光信号は、光分流器308でN本の経路に分配される。分配された光信号はそれぞれ1つの波長の信号のみを透過させる波長可変フィルタ307によって単一波長の光信号とされ、それぞれ光受信器304によって受信信号に変換される。図14G及び図14Hでは、Nが4の場合を示しているが、これによりNの数が制限されるわけではない。以降、この送信モジュール310-4と受信モジュール311-4の組み合わせを、第4の送受信モジュールと呼ぶ。

本実施形態では、各通信ノードにおいて、同一の波長帯域の信号を送受信する光送信部290-a（aは1から4の整数）と光受信部300-aには、第1から第4までのいずれかの送受信モジュールを実装するか、何も実装しない。このとき、他の通信ノードで同一の波長帯域の信号を送受信する送受信モジュールは、必ずしも同一である必要は無い。

図15は本実施形態の制御を行う、制御系の構成を示すものである。図中、211-1から211-4は送受信装置制御装置、213は光パス管理装置、214は通信回線（ネットワーク）、200-1から200-4は通信ノード、220-1から220-4は波長帯域光分離器、230-1から230-4は波長帯域光合波器、241, 242, 243, 244は4x4アレイ導波路回折格子で

ある。

送受信装置制御装置 211-1～211-4は、4個の通信ノード 200-1から200-4に接続されており、光送受信モジュールの制御を行う。光送受信モジュールの制御は、光パス管理装置 213から送られてくる制御信号に基づいて行う。制御対象となる光送信器 301には駆動信号又は停止信号を送信し、波長可変光源内蔵光送信機 305には駆動信号、停止信号、又は送出波長制御信号を送信し、波長可変フィルタ 307には透過波長帯域制御信号を送信し、光送受信モジュールの制御を行う。

光パス管理装置 213は、後述するように光パスの管理を行う。そのために、光パス管理装置 213は送受信装置制御装置 211-1～211-4と通信回線 214を介して接続され、制御信号を送受信する。図16に光パス管理装置 213の内部構成を示した。光パス管理装置 213は主として、プロセッサ部 3010、記憶媒体 3030、制御信号入出力インタフェース 3020から構成されている。本実施形態では記憶媒体としてメモリを用いるが、記憶媒体としては情報の読み取り及び書き込みができるものであればよい。

光パス管理装置 213には、各通信ノードに実装されている送受信モジュールの形式、送受信モジュール中の光送信器、波長可変光源内蔵光送信機、波長可変フィルタの状態を保持するデータベースを記憶媒体 3030中に有する。

光パス管理装置 213では、これらデータベースを基に各通信ノード間のパスの増設、解放に際し、各通信ノードにおけるどの光送信器、波長可変光源内蔵光送信機、波長可変フィルタを制御すべきかを、プロセッサ部 3010において判断する。判断した結果は、制御信号入出力インタフェース 3020を介して送受信装置制御装置 211-1～211-4に制御信号として送信し、所望の光パスを増設、解放できるように光送受信モジュールを制御する。また、光パス管理装置 213は、波長帯域ごとに、通信ノード間の光パスを記載したデータベースを作成・保持している。

図17はデータベースの一例を示すもので、波長帯域 $\lambda B_1 \pm \Delta \lambda_1$ に関するテーブルが示されている。なお、図17において「TLD」は波長可変光源 (Tunable Laser Diode) を意味している。

データベースの各行は、それぞれ一つの通信ノードに対応し、当該通信ノードの有する送信機の状態を保持する。図17では、1行目は通信ノード200-1に対応し、2行目は通信ノード200-2に対応し、3行目は通信ノード200-3に対応し、4行目は通信ノード200-4に対応している。

データベースの各列は、それぞれ通信ノードの光送信機に関する情報を保持している。

データベースの5列目は、通信ノードに実装されている送受信モジュールの種類を保持する。図17では、通信ノード200-1は第1の送受信モジュールを実装し、通信ノード200-2は第2の送受信モジュールを実装し、通信ノード200-3は第3の送受信モジュールを実装し、通信ノード200-4は第4の送受信モジュールを実装している場合を示す。

6列目は、通信ノードに実装されている波長可変光源内蔵光送信機の数保持する。図17では、通信ノード200-1と通信ノード200-2は波長可変光源内蔵光送信機を実装しておらず、通信ノード200-3は1個の波長可変光源内蔵光送信機を実装しており、通信ノード200-4は2個の波長可変光源内蔵光送信機を実装している場合を示す。

7列目は、通信ノードに実装されている波長可変光源内蔵光送信機のうち、実際に使用されている数を保持する。図17では、通信ノード200-1と通信ノード200-2は波長可変光源内蔵光送信機を使用しておらず、通信ノード200-3は1個の波長可変光源内蔵光送信機を使用しており、通信ノード200-4は2個の波長可変光源内蔵光送信機を使用している場合を示す。

1列目から4列目は、上段がそれぞれ通信ノード200-1、200-2、200-3、200-4に信号を送るための光の波長を保持しており、下段がそれぞれ通信ノード200-1、200-2、200-3、200-4に信号を送るための光送信機の状態を保持している。下段で保持している光送信機の状態は、第1あるいは第2の送受信モジュールが実装されている場合には、該当する通信ノードに信号を送る光送信機が実装されていない状態を示す「NA」であるか、該当する通信ノードに信号を送る光送信機が実装されていて、使用されていない状態を示す「OFF」であるか、該当する通信ノードに信号を送る光送信機が実

装されていて、使用されている状態を示す「ON」であるかのいずれかである。また、第3あるいは第4の送受信モジュールが実装されている場合には、該当する通信ノードに信号を送る波長で光信号を送出している波長可変光源内蔵光送信機が存在しない状態を示す「OFF」であるか、該当する通信ノードに信号を送る波長で光信号を送出している波長可変光源内蔵光送信機が存在していて、該当する波長可変光源内蔵光送信機を表す「波長可変光源内蔵光送信機の番号」であるかのいずれかである。

光パス管理装置213による通信ノード間の光パスの管理では、「新たな通信ノード間の光パスを確立する場合」と、「既存の通信ノード間の光パスを停止させる場合」にデータベースの参照、変更を行い、通信回線214を介して送受信装置制御装置211-1～211-4を制御する。

まず、新たに通信ノード200-xと通信ノード200-y（x、yは共に1以上4以下の整数）の間の光パスを確立する場合の光パス管理装置213の動作を説明する。ここで、通信ノード200-xと通信ノード200-yの間の光パスを確立する契機の例は、一つは、本システムのオペレータから光パス管理装置213に接続された図示されないコンソールへの入力を通じての、明示的な光パス確立の指示である。また、別の契機の例は、光パス管理装置がシステム内の通信トラフィックの監視情報を受信し、その情報に基づいて通信ノード間の新たな光パスを確立することを決定することである。

光パス管理装置213は、波長帯域ごとに設けられた4つのデータベースにおいて、x行とy行の両方について、5列目の要素が「1」あるいは「2」であるか、5列目の要素が「3」あるいは「4」で6列目の要素が7列目の要素より大きいかのいずれかであるデータベースを検索する。次いで、該当するデータベース中で、x行y列とy行x列の下段の要素が共に「OFF」であるデータベースを検索する。検索の結果、複数のデータベースが該当した場合には、何らかの優先順位に基づいて、例えば、短い波長帯域に対応するデータベースを優先するという優先順位に基づいて、検索結果とする。

光パス管理装置213は、検索の結果得られたデータベースが対応する波長帯域で、通信ノード200-xと通信ノード200-yの間の光パスを確立するた

めの指示を、通信回線 214 を介して送受信制御装置 211-x と 211-y に伝達するとともに、データベースを更新する。

具体的に送受信装置制御装置 211-x に送る信号を例にとって説明する。通信ノード 200-x が第 1 あるいは第 2 の送受信モジュールを実装している場合には、データベースの x 行 y 列の上段で保持している波長を送出する光送信機 301 の駆動信号を生成するための信号を送る。同時にデータベースの x 行 y 列の下段を「ON」に書き換える。通信ノード 200-x が第 3 の送受信モジュールを実装している場合には、波長可変光源内蔵光送信機 305 の送出する波長を、データベースの x 行 y 列の上段で保持している波長にする、送出波長設定信号を生成するための信号を送る。同時に、該波長可変光源内蔵光送信機 305 の駆動信号を生成するための信号を送る。さらに同時に、データベースの x 行 y 列の下段を「1」に書き換え、7 列目の要素を「1」に書き換える。通信ノード 200-x が第 4 の送受信モジュールを実装している場合には、未使用の波長可変光源内蔵光送信機 305 のうちで、最も若い番号の波長可変光源内蔵光送信機 305 の送出する波長を、データベースの x 行 y 列の上段で保持している波長にする、送出波長設定信号を生成するための信号を送る。同時に、該波長可変光源内蔵光送信機 305 の駆動信号を生成するための信号を送る。また、該波長可変光源内蔵光送信機 305 と対を成す波長可変フィルタ 307 の透過波長帯域を、データベースの x 行 y 列の上段で保持している波長にする、透過波長帯域制御信号を生成するための信号を送る。これらと同時にデータベースの x 行 y 列の下段を「駆動した波長可変光源内蔵光送信機の番号」に書き換え、7 列目の要素を 1 増やす。

なお、データベースの検索の際に、該当するデータベースが存在しなかった場合、光パスの追加ができないことを、要求の発生元に伝達する。

次に、既に光パスが確立している通信ノード 200-xx と通信ノード 200-yy (xx、yy は共に 1 以上 4 以下の整数) 間の光パスを停止する必要がある場合の光パス管理装置 213 の動作を説明する。ここで、通信ノード 200-xx と通信ノード 200-yy の間の光パスを停止する契機の一例は、本光通信ネットワークシステムのオペレータから光パス管理装置 213 に接続された図示されないコンソールへの入力を通じての、明示的な光パス停止の指示である。

また、別の契機の例は、光パス管理装置がシステム内の通信トラフィックの監視情報を受信し、その情報に基づいて通信ノード間の新たな光パスを停止することを決定することである。

光パス管理装置 213 は、波長帯域ごとに設けられた 4 つのデータベースにおいて、 x 行 y 列と y 行 x 列の下段の要素が共に「ON」であるか、「波長可変光源内蔵光送信機の番号」のいずれかであるデータベースを検索する。検索の結果、複数のデータベースが該当した場合には、何らかの優先順位に基づいて、例えば、短い波長帯域に対応するデータベースを優先するという優先順位に基づいて、検索結果とする。

光パス管理装置 213 は、検索の結果得られたデータベースが対応する波長帯域で、通信ノード 200- x と通信ノード 200- y 間の光パスを停止するための指示を、通信回線 214 を介して送受信装置制御装置 211- x と 211- y に伝達するとともに、データベースを更新する。

具体的に送受信制御装置 211- x に送る信号を例にとって説明する。通信ノード 200- x が第 1 あるいは第 2 の送受信モジュールを実装している場合には、データベースの x 行 y 列の上段で保持している波長を送出する光送信機 301 の停止信号を生成するための信号を送る。同時に、データベースの x 行 y 列の下段を「OFF」に書き換える。通信ノード 200- x が第 3 の送受信モジュールを実装している場合には、波長可変光源内蔵光送信機 305 の停止信号を生成するための信号を送る。同時にデータベースの x 行 y 列の下段を「OFF」に書き換え、7 列目の要素を「0」に書き換える。通信ノード 200- x が第 4 の送受信モジュールを実装している場合には、データベースの x 行 y 列の下段に記された番号の波長可変光源内蔵光送信機 305 の停止信号を生成するための信号を送る。同時に、データベースの x 行 y 列の下段を「OFF」に書き換え、7 列目の要素を 1 減らす。

なお、データベースの検索の際に、該当するデータベースが存在しなかった場合、光パスの停止ができないことを、要求の発生元に伝達する。

以上のようにして通信ノード間の光パスを管理することができる。なお、通信ノード間の光パスの管理方法は、厳密に本実施形態に従う必要はなく、同様の機

能が実現できていればよく、そのような方法も本発明に含まれる。

たとえば、光パス管理装置 2 1 3 の機能を送受信装置制御装置 2 1 1-1 から 2 1 1-4 のうちのいずれか 1 つに実装し、光パス管理装置 2 1 3 を省略してもよい。

続いて本実施形態に適用する、最適な光パスの波長制御及び管理方法の一例について、その原理を第 5 実施形態から第 7 実施形態で詳細に説明する。

なお、ここで制御、管理の対象とするのは、波長可変光源内蔵光送信機 4 0 0-1, 4 0 0-2 である。波長可変光源内蔵光送信機 4 0 0-1, 4 0 0-2 が具備する波長帯域、即ち波長帯域 $\lambda B_2 \pm \Delta \lambda_2$ 、 $\lambda B_3 \pm \Delta \lambda_3$ に着目する。つまり、少なくとも制御及び管理の対象となる波長帯域については、全ての通信ノードが波長可変光源内蔵光送信機を具備していることを前提としている。言い換えれば、制御及び管理の対象とならない波長帯域に関しては、各通信ノードが具備する光送信機および光受信器に特に制約はない。それゆえ、送信機および受信器の構成が全ての通信ノードで同一である必要はない。

また、本原理の説明では、波長帯域 $\lambda B_2 \pm \Delta \lambda_2$ 、 $\lambda B_3 \pm \Delta \lambda_3$ をそれぞれ単独の波長として取り扱い、波長帯域光分離器 2 2 0、波長帯域光合波器 2 3 0 をそれぞれ光分波回路 1、光合波回路 2 として取り扱う。さらに 4 x 4 アレイ導波路回折格子 2 4 1 ~ 2 4 4 を、光マトリクススイッチ 3, 6 として取り扱う。このとき、波長可変光源内蔵光送信機 4 0 0-1, 4 0 0-2 が送出する波長を対応する波長帯域内で制御することが、以後説明する、マトリクススイッチの光パスを制御することに対応する。

<第 5 実施形態>

図 1 8 は本発明の第 5 実施形態を示すものである。図中、1-1, 1-2, ... 1-N は光分波回路、2-1, 2-2, ... 2-N は光合波回路、3-1, 3-2, ... 3-m は光マトリクススイッチ、4-1, 4-2, ... 4-N は入力光ファイバ、5-1, 5-2, ... 5-N は出力光ファイバ、1 1-1, 1 1-2, ... 1 1-N は送受信装置制御装置、1 2 は光マトリクススイッチ制御装置、1 3 は光パス管理装置、1 4 は通信回線（ネットワーク）である。

ここで、光分波回路及び光合波回路としては、アレイ導波路回折格子や誘電体

多層膜フィルタを用いたものが利用できるが、同様の機能を実現するものであれば、その実現方法は問わない。また、光マトリクススイッチとしては、熱光学効果を用いた光スイッチ、導波路型スイッチ、MEMS光スイッチ、バブル光スイッチ、N入力N出力のアレイ導波路回折格子等を用いることができるが、同様の機能を実現するものであれば、その実現方法は問わない。さらに、全体の構成方法も、同様の入出力特性を実現するものであれば、その実現方法は問わない。

送受信装置制御装置 11-1 ~ 11-N は、N 個の通信ノードの送受信装置（図示しない）にそれぞれ接続されており、送受信装置において送受信する光信号の波長などの制御を行う。

光マトリクススイッチ制御装置 12 は、光マトリクススイッチ 3-1 ~ 3-N に接続されており、各光マトリクススイッチ 3-1 ~ 3-N における入出力ポートの間の光パスの制御を行う。

光パス管理装置 13 は、送受信装置制御装置 11-1 ~ 11-N 及び光マトリクススイッチ制御装置 12 と通信回線 14 を介して接続され、情報を送受信し、後述する如く本発明に基づく光パスの管理を行う。

以下、入力光ファイバ及び出力光ファイバの本数が 8 本、波長多重数が 4 の場合を例にとって、本発明の光パス管理方法を説明する。但し、これによって本発明を適用可能な光通信ネットワークシステムの規模が制限されるものではない。

光通信ネットワークシステム内には、入力光ファイバ及び出力光ファイバの本数と波長多重数から、8 入力 8 出力光マトリクススイッチが 4 つ存在する。これら 4 つの光マトリクススイッチにそれぞれ相異なる優先順位を示す番号 1 ~ 4 を付与し、また、通信ノードと、前記通信ノードの出力信号が通る入力光ファイバと、前記入力光ファイバの接続されている前記光マトリクススイッチの入力ポートと、前記通信ノードへの入力信号が通る出力光ファイバと、前記出力光ファイバの接続されている前記光マトリクススイッチの出力ポートの組に 1 ~ 8 の番号を付与するものとする。

光パス管理装置 13 は、光マトリクススイッチ毎の光パスを記載したデータベース（図示せず）を作成・保持している。

図 19A ~ 図 19D はデータベースの一例を示すもので、4 つの光マトリクス

スイッチにそれぞれ対応したテーブルからなっている。

4つのテーブルにおいて、1行目の番号は光マトリクススイッチの優先順位を表すものとし、2列目の数字は1列目の番号の通信ノードが光マトリクススイッチを介して形成されている光パスの宛先通信ノードの番号を示すものとする。また、ここでは、該当する光マトリクススイッチにおいて使用されていない通信ノードは光パスの宛先通信ノードの番号として「0」を記載するものとする。

入力光ファイバ及び出力光ファイバ（入力通信ノード及び光パスの宛先通信ノード）の間の光パスの管理においては、「新たな光パスを確立する場合」、「既存の光パスを停止する場合」及び「光マトリクススイッチ間で光パスを移し替える場合」に、データベースの参照、変更が必要になる。

まず、新たにx x番目の通信ノードとy y番目の通信ノードの間に光パスを確立する必要がある場合の光パス管理装置13の動作を説明する。

図20に前述した「新たな光パスを確立する場合」の光パス管理装置における処理の流れを示す。

光パス管理装置13は、データベースにおいて、優先順位の番号の小さい光マトリクススイッチに対応するデータから順に、x x番目の通信ノードとy y番目の通信ノードが共に未使用である光マトリクススイッチを検索する（ステップS1）。例えば、図19A～図19Dに示すデータベースの状態で、新たに通信ノード3と通信ノード4の間に光パスを確立する必要がある場合は、通信ノード3と通信ノード4が共に未使用である光マトリクススイッチの中で、最も優先順位の番号が小さい2番の光マトリクススイッチが検索結果となる。

検索結果が有る場合（ステップS2がYes）、光パス管理装置13は、検索結果に従う光パスを新たに確立するための指示をx x番目の通信ノード及びy y番目の通信ノードの送受信装置制御装置11並びに光マトリクススイッチ制御装置12に通信回線14を介して伝達（ステップS3）、ここでは通信ノード3及び通信ノード4の送受信装置制御装置に波長 λ 2の光信号による通信を実行させる指示を伝達し、光マトリクススイッチ制御装置12に2番の光マトリクススイッチの3番目の入力ポートと4番目の出力ポートの間に光パスを確立させ、且つ4番目の入力ポートと3番目の出力ポートの間に光パスを確立させる指示を伝達

するとともに、データベースに新たに確立した光パスを登録（ステップS 4）、ここでは2番の光マトリクススイッチに対応するテーブルにおいて入力通信ノード3の光パスの宛先通信ノードに4を記載し、入力通信ノード4の光パスの宛先通信ノードに3を記載する。

次に、既に光パスが確立しているx x x番目の通信ノードとy y y番目の通信ノードの間の光パスの必要がなくなった場合の光パス管理装置13の動作を説明する。

図21に前述した「既存の光パスを停止する場合」の光パス管理装置における処理の流れを示す。

光パス管理装置13は、データベースにおいて、優先順位の番号の大きい光マトリクススイッチに対応するデータから順に、x x x番目の通信ノードとy y y番目の通信ノードの間に光パスを確立している光マトリクススイッチを検索する（ステップS 11）。例えば、図19A～図19Dに示すデータベースの状態で、通信ノード1と通信ノード3の間の光パスが必要なくなった場合には、通信ノード1と通信ノード3の間に光パスが確立している光マトリクススイッチの中で、最も優先順位の番号が大きい4番の光マトリクススイッチが検索結果となる。

検索結果が有る場合（ステップS 12がY e s）、光パス管理装置13は、検索結果に従う光パスを停止するための指示をx x x番目の通信ノード及びy y y番目の通信ノードの送受信装置制御装置11並びに光マトリクススイッチ制御装置12に通信回線14を介して伝達（ステップS 13）、ここでは通信ノード1及び通信ノード3の送受信装置制御装置に波長 λ 4の光信号による通信を停止させる指示を伝達し、光マトリクススイッチ制御装置12に4番の光マトリクススイッチの1番目の入力ポートと3番目の出力ポートの間の光パスを停止させ、且つ3番目の入力ポートと1番目の出力ポートの間の光パスを停止させる指示を伝達するとともに、データベースから停止した光パスを削除（ステップS 14）、ここでは4番の光マトリクススイッチに対応するテーブルにおいて入力通信ノード1の光パスの宛先通信ノードに0を記載し、入力通信ノード3の光パスの宛先通信ノードに0を記載する。

次に、光マトリクススイッチ間で光パスを移し替える場合の光パス管理装置1

3の動作を説明する。

図22に前述した「光マトリクススイッチ間で光パスを移し替える場合」の光パス管理装置における処理の流れを示す。

光パス管理装置13は、x番目の通信ノードとy番目の通信ノードの間に光パスを確立している光マトリクススイッチの中で最も大きな優先順位の番号bと、x番目の通信ノードとy番目の通信ノードを使用していない光マトリクススイッチの中で最も小さい優先順位の番号aとを、予め定めた順番で全てのx及びyの組み合わせについて検索し、aがbよりも小さい数字である、x、y、a、bの組み合わせを抽出する(ステップS21)。例えば、図19A～図19Dに示すデータベースの状態では、 $(x, y, a, b) = (2, 5, 1, 2)$ 、 $(2, 8, 1, 3)$ 、 $(1, 3, 2, 4)$ が抽出される。

次に、いま述べたように検索結果が有る場合(ステップS22がYes)、光パス管理装置13は、抽出された組み合わせが1つであれば(ステップS23がNo)、それを選択し、また、前記のように複数であれば(ステップS23がYes)、そのうちの任意の1つを選択し(ステップS24)、光パスの移し替えを行う。

即ち、選択した組のa番目の光マトリクススイッチを介するx番目の通信ノードとy番目の通信ノードの間の光パスを新たに確立するための指示をx番目の通信ノード及びy番目の通信ノードの送受信装置制御装置11並びに光マトリクススイッチ制御装置12に通信回線14を介して伝達(ステップS25)する。その後、選択した組のb番目の光マトリクススイッチを介するx番目の通信ノードとy番目の通信ノードの間の光パスを停止するための指示を同じくx番目の通信ノード及びy番目の通信ノードの送受信装置制御装置11並びに光マトリクススイッチ制御装置12に通信回線14を介して伝達(ステップS26)する。次いで、データベースを更新、即ち新たに確立した光パスをデータベースに登録するとともに停止した光パスをデータベースから削除する(ステップS27)。

この際、先にa番目の光マトリクススイッチを介する光パスを確立させるのは、通信ノードxと通信ノードyの間の光パスを途絶えさせないためである。

光パスの移し替えが終了したら、前述した条件に合う(x, y, a, b)の組

み合わせを再び抽出し、光パスの移し替えを行う。この作業を前述した条件に合う (x, y, a, b) の組み合わせが抽出されなくなるまで繰り返す。

なお、前述した方法で「新たな光パスを確立する」のみでは光パスの整理されていない状態は発生しない。しかし、「既存の光パスを停止した」後は光パスの整理されていない状態が発生する可能性があるため、「光マトリクススイッチ間での光パスの移し替え」は「既存の光パスを停止した」後に行うことが望ましい。

以上のようにして通信ノード間の光パスの管理を行えば、通信ノード間の光パスが常に整理された状態となり、光クロスコネクタ装置の利用効率を高めることができる。

なお、通信ノード間の光パスの管理方法は、厳密に本実施形態に従う必要はなく、同様の機能を実現できていれば良く、そのような方法も本発明に含まれる。

<第6実施形態>

図23は本発明の第6実施形態を示すもので、ここでは第5実施形態においてパッシブな光マトリクススイッチを用いるとともに光マトリクススイッチ制御装置を省いた例を示す。

即ち、図中、6-1, 6-2, … 6-mはパッシブな光マトリクススイッチであり、一の入力ポートから入力された光信号は、その光信号の物理的性質に応じて、異なる出力ポートから出力される。例として、光マトリクススイッチとしてN入力N出力のアレイ導波路回折格子を用いる場合を考える。このとき、光分波回路1、光合波回路2が十分に広い波長帯域 $\Delta\lambda$ の信号を同一の波長信号として扱うとすると、アレイ導波路回折格子へ入力される光信号の波長は、 $\Delta\lambda$ の範囲内で異なる波長信号とすることができ、アレイ導波路回折格子の入出力特性によって、入力される光信号の波長という物理的性質に応じて、一の入力ポートから入力された光信号は、異なる出力ポートから出力される。従って、本実施形態では、光パス管理装置、例えば13aは、光パスを確立する又は停止するための指示として、送受信装置制御装置11-1~11-Nに対し、各通信ノードの送受信装置において送受信を開始又は停止する光信号の波長の指示のみを行う。なお、その他の構成及び動作は第5実施形態の場合と同様である。

<第7実施形態>

図24は本発明の第7実施形態を示すもので、ここでは第6実施形態においてN個の送受信装置制御装置のうちの1つに光パス管理装置の機能を実装した例を示す。

即ち、図中、11-1aは第6実施形態で説明した光パス管理装置13aの機能を実装した送受信装置制御装置であり、他の送受信装置制御装置11-2～11-Nと通信回線14を介して接続され、情報を送受信し、第6実施形態の場合と同様にして光パスの管理を行う。なお、その他の構成及び動作は第5、第6実施形態の場合と同様である。

なお、第4～第7実施形態で説明した光パスの波長制御及び管理を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませて実行させるようにしても良い。

ここでいうコンピュータシステムとは、OSや周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、コンピュータシステムは、WWWシステムを利用している場合であれば、ホームページ提供環境（あるいは表示環境）も含むものとする。

また、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、ROM、CD-ROM等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに、コンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムが送信された場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリ（RAM）のように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。

また、上記プログラムは、このプログラムを記憶装置等に格納したコンピュータシステムから、伝送媒体を介して、あるいは、伝送媒体中の伝送波により他のコンピュータシステムに伝送されてもよい。ここで、プログラムを伝送する「伝送媒体」は、インターネット等のネットワーク（通信網）や電話回線等の通信回線（通信線）のように情報を伝送する機能を有する媒体のことをいう。また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良い。さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラム

との組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であっても良い。

産業上の利用の可能性

本発明によれば、複数の通信ノードとこれら通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御によって確立する波長ルーティングを利用した光通信ネットワークシステムにおいて、波長ルーティング装置に波長帯域毎に独立にアレイ導波路回折格子を設置し、かつ各通信ノードおよび波長ルーティング装置において波長帯域の光合波ならびに波長帯域の光分離を行っているので、波長帯域毎に1つの光パスを通信ノード間で形成することが可能である。このため、通信ノード間に光パスを1つだけ確立する従来技術では通信ノード間に複数の光パスを形成することが困難であったが、本発明の構成を適用することにより最大で波長帯域と同じ数の光パスを通信ノード間に形成することができ、通信ノード間の通信容量を容易に増加させることが可能である。また、本発明の光通信ネットワークシステムは、光パスの増設に際して、光パスの増設が必要な通信ノード間に対してのみ必要な設備を追加すればよく、柔軟性や経済性にも優れているという非常に優れた効果を奏するものである。さらに、波長群を単位として通信ノード間に光パスを形成する従来の光通信ネットワークシステムでは、波長群の数を越える通信ノードがあると、一旦別の通信ノードを経由させる必要があった。これに対して、本発明によれば、全ての通信ノード間に光パスを設けるフルメッシュ接続性を有する光通信ネットワークシステムを実現することができる。したがって、波長群に属する波長の数を越える通信ノードが存在する場合であっても別の通信ノードを経由させる必要がない。また、本発明によれば、複数の小規模な光マトリクススイッチを組み合わせで構成される光クロスコネクタ装置において、通信ノード間の光パスが常に整理された状態となり、光クロスコネクタ装置の利用効率を高めることができる。

請求の範囲

1. 複数の通信ノードと、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置と、前記通信ノードと前記波長ルーティング装置とを接続して通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムであって、

前記波長ルーティング装置は、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N (N は2以上の整数) 個の装置入力ポートと、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N 個の装置出力ポートと、

前記 N 個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、

前記 N 個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、

K ($K \geq N$; K は整数) 個の入力ポートおよび K 個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有する R 個 (R は J 以上の整数、 J は2以上の整数) の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、

前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域 (波長帯域 = 中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R - 1$ 、 m は整数) 毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、

前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心

波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ ($\lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1 < \lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2$)、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda_{B_2} + \Delta \lambda_2 < \lambda_{B_3} - \Delta \lambda_3$)、…、中心波長 $\lambda_{B_R} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda_{B_{R-1}} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda_{B_R} - \Delta \lambda_R$) の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、

前記N個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続されている光通信ネットワークシステム。

2. 前記通信ノードは、

J (2以上の整数) 個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記J個の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ はそれぞれ、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda_{B_J} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、(ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、 m は整数) の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力する $J \times 1$ 波長帯域光合波器と、

前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ 毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、

前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機とを備え、

前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の前記出力ポートが、前記波長ルーティング装置の前記装置入力ポートに光導波路を介して接続されている請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

3. 前記通信ノードは、

J (2以上の整数) 個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入力ポートに入力される中心波長 λ_{B_1} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 λ_{B_2} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 λ_{B_3} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 λ_{B_J} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ (ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、mは整数) の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記J個の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]に出力する1×J波長帯域光分離器と、

前記1×J波長帯域光分離器の各出力ポートOP[1]、OP[2]、OP[3]、…、OP[J]毎に設けられ、2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記1×J波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、

前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、

前記1×J波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続されている請求項1又は請求項2に記載の光通信ネットワークシステム。

4. 前記通信ノードは、

J (2以上の整数) 個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記J個の各入力ポートIP[1]、IP[2]、IP[3]、…、IP[J]はそれぞれ、中心波長 λ_{B_1} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 λ_{B_2} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 λ_{B_3} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 λ_{B_J} ± 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、(ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、mは整数) の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力するJ×1波長帯域光合波器と、

前記J×1波長帯域光合波器の各入力ポートIP[1]、IP[2]、IP[3]、…、IP[J]のいずれかの入力ポートに接続され、接続された前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵し前記波長の光を出力する少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機と、

前記波長可変光源内蔵光送信機が接続されている入力ポート以外の前記J×1

波長帯域光合波器の各入力ポート毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、

前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda_{Bm} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機と、

J (2以上の整数) 個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入力ポートは中心波長 $\lambda_{B1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda_{Bj} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_j$ (ただし、 $\lambda_{Bm} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{Bm+1} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、 m は整数) の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記 J 個の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、…、 $OP[J]$ に出力する $1 \times J$ 波長帯域光分離器と、

前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、…、 $OP[J]$ のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートに接続され、前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号を受信する光受信機と、

前記光受信機が接続されている出力ポート以外の前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート毎に設けられ、2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、

前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、

前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続されている請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

5. 前記光通信ネットワークシステムは更に、異なる2つの通信ノード間の光パスを制御する光パス管理手段を備え、

全ての前記通信ノードに設けられ同一の波長帯域の光信号を出力する前記波長可変光源内蔵光送信機の組が少なくとも一つ存在し、これら波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域

がK個 (Kは2以上の整数) ある場合には、

前記光パス管理手段は、

各前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記J×1波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域に相異なる1番からK番までの優先順位を割り当て、

前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記J×1波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域のうち、x番目の通信ノードとy番目の通信ノード間に存在する光パスの波長帯域の中で最も大きな番号の優先順位がb番目であり、x番目の通信ノード又はy番目の通信ノードを始終点とする光パスが存在していない波長帯域の中で最も小さな番号の優先順位がa番目であり、a番がb番よりも小さい番号である時に、

a番目の優先順位の波長帯域でx番目の通信ノードとy番目の通信ノード間の光パスを設立し、その後に、b番目の優先順位の波長帯域でx番目の通信ノードとy番目の通信ノード間に存在していた光パスを停止するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する請求項4に記載の光通信ネットワークシステム。

6. 波長帯域毎の光パスを記載したデータベースと、

新たにx x番目の通信ノードとy y番目の通信ノードとの間の光パスを確立する必要が生じた時、前記データベースにおいて優先順位の番号の小さい波長帯域に対応するデータから順にx x番目の通信ノードとy y番目の通信ノードが共に未使用の波長帯域を検索する第1の検索手段と、

該第1の検索手段による検索結果に従う光パスを確立するための指示を前記光パス管理手段に伝達する第1の伝達手段と、

x x x番目の通信ノードとy y y番目の通信ノードとの間で既に確立されている光パスが必要なくなった時、前記データベースにおいて優先順位の番号の大きい波長帯域に対応するデータから順にx x x番目の通信ノードとy y y番目の通信ノードとの間で光パスが確立されている波長帯域を検索する第2の検索手段と

該第2の検索手段による検索結果に従う光パスを停止するための指示を前記光

パス管理手段に伝達する第2の伝達手段と、

前記データベースにおいて、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードとの間で光パスが確立している波長帯域の中で最も大きい優先順位の番号 b と、 x 番目の通信ノード又は y 番目の通信ノードを始終点とする光パスが存在しない波長帯域の中で最も小さい優先順位の番号 a とを、予め定めた順に全ての x 及び y の組み合わせについて検索し、 a が b より小さい数である x , y , a , b の組み合わせを抽出する抽出手段と、

該当する組み合わせが存在する時、 a 番目の波長帯域を用いて x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードの光パスを確立するための指示を前記光パス管理手段に伝達し、その後、 b 番目の波長帯域を用いている x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノードの光パスを停止するための指示を前記光パス管理手段に伝達する第3の伝達手段と、

新たに確立した光パスを前記データベースに登録し、停止した光パスを前記データベースから削除するデータベース更新手段と

をさらに具備した請求項5に記載の光通信ネットワークシステム。

7. 前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子が波長周回性を有する請求項1に記載の光通信ネットワークシステム。

8. 複数の通信ノードと通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムに設けられ、前記光伝送路により前記通信ノードと接続され、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置であって、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N (N は2以上の整数)個の装置入力ポートと、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続された N 個の装置出力ポートと、

前記 N 個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、

前記N個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、

K ($K \geq N$; Kは整数) 個の入力ポートおよびK個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有するR個 (RはJ以上の整数、Jは2以上の整数) の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、

前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域 (波長帯域 = 中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R-1$ 、mは整数) 毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、

前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ ($\lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1 < \lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2$)、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda_{B_2} + \Delta \lambda_2 < \lambda_{B_3} - \Delta \lambda_3$)、…、中心波長 $\lambda_{B_R} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda_{B_{R-1}} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda_{B_R} - \Delta \lambda_R$) の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、

前記N個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続されている波長ルーティング装置。

9. 複数の通信ノードと、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置と、前記通信ノードと前記波長ルーティング装置とを接続して通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムにおいて、異なる2つの通信ノード間の光パスを制御する光パス管理装置であって、

前記波長ルーティング装置は、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続されたN（Nは2以上の整数）個の装置入力ポートと、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続されたN個の装置出力ポートと、

前記N個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、

前記N個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、

K（ $K \geq N$ ；Kは整数）個の入力ポートおよびK個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有するR個（RはJ以上の整数、Jは2以上の整数）の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、

前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域（波長帯域＝中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq R - 1$ 、mは整数）毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、

前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ （ $\lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1 < \lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2$ ）、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長

帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda_{B_2} + \Delta \lambda_2 < \lambda_{B_3} - \Delta \lambda_3$)、…、中心波長 $\lambda_{B_R} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda_{B_{R-1}} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda_{B_R} - \Delta \lambda_R$) の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、

前記N個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続され、

前記通信ノードは、

J (2以上の整数) 個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記J個の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ はそれぞれ、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda_{B_J} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、(ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、 m は整数) の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力する $J \times 1$ 波長帯域光合波器と、

前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、…、 $IP[J]$ のいずれか1つの入力ポートに接続され、接続された前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵し前記波長の光を出力する少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機と、

前記波長可変光源内蔵光送信機が接続されている入力ポート以外の前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、

前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機と、

J (2以上の整数) 個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入

力ポートは中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda_{B_J} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ （ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、 m は整数）の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記 J 個の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、…、 $OP[J]$ に出力する $1 \times J$ 波長帯域光分離器と、

前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、…、 $OP[J]$ のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートに接続され、前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号を受信する光受信機と、

前記光受信機が接続されている出力ポート以外の前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート毎に設けられ、2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、

前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、

前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続され、

前記光パス管理装置は、

全ての前記通信ノードに設けられ同一の波長帯域の光信号を出力する前記波長可変光源内蔵光送信機の組が少なくとも一つ存在し、これら波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域が K 個（ K は2以上の整数）ある場合に、各前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域に相異なる1番から K 番までの優先順位を割り当てる手段と、

前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域のうち、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在する光パスの波長帯域の中で最も大きな番号の優先順位が b 番目であり、 x 番目の通信ノード又は y 番目の通信ノードを始終点として存在する光パスに使用していない波長帯域の中で最も小さな番号の優先順位が a 番目であり、 a 番が b 番よりも小さい番号であることを検出する手段と、

a 番が b 番よりも小さい番号であることが検出された場合、a 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間の光パスを設立し、その後、b 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在していた光パスを停止するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する手段と

を具備する光パス管理装置。

10. 複数の通信ノードと、前記通信ノード間の通信を光信号の波長による経路制御に基づいて確立する波長ルーティング装置と、前記通信ノードと前記波長ルーティング装置とを接続して通信経路を形成する光伝送路とを備えた光通信ネットワークシステムにおいて、異なる2つの通信ノード間の光パスを制御する光パス管理方法であって、

前記波長ルーティング装置は、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続されたN（Nは2以上の整数）個の装置入力ポートと、

前記光伝送路を介して前記通信ノードに接続されたN個の装置出力ポートと、

前記N個の装置入力ポート毎に設けられ、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有し、該入力ポートが前記装置入力ポートに接続されている複数の波長帯域光分離器と、

前記N個の装置出力ポート毎に設けられ、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有し、該出力ポートが前記装置出力ポートに接続されている複数の波長帯域光合波器と、

K（ $K \geq N$ ；Kは整数）個の入力ポートおよびK個の出力ポートを有し、1つの入力ポートに入力された光信号をその波長に応じてそれぞれ異なる出力ポートに出力し、かつ1つの出力ポートから出力される光の波長が入力ポート毎に異なる波長ルーティング特性を有するR個（RはJ以上の整数、Jは2以上の整数）の $K \times K$ アレイ導波路回折格子とを備え、

前記波長帯域光分離器は、前記通信ノードから送出される波長帯域（波長帯域＝中心波長 $\lambda_{B_m} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ 、ただし $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m$

$\leq R-1$ 、 m は整数) 毎にそれぞれ所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記波長帯域毎に分離して異なる出力ポートに出力する手段を有し、

前記波長帯域光合波器は、前記複数の入力ポートから入力した光信号を前記波長帯域毎に合波して所定数の波長が波長多重された波長多重光信号を前記出力ポートに出力する手段を有し、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子は、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ ($\lambda_{B_1} + \Delta \lambda_1 < \lambda_{B_2} - \Delta \lambda_2$)、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ ($\lambda_{B_2} + \Delta \lambda_2 < \lambda_{B_3} - \Delta \lambda_3$)、 \dots 、中心波長 $\lambda_{B_R} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_R$ ($\lambda_{B_{R-1}} + \Delta \lambda_{R-1} < \lambda_{B_R} - \Delta \lambda_R$) の各波長帯域において波長ルーティング特性を有し、

前記 N 個の各装置入力ポートのそれぞれに接続された前記波長帯域光分離器の各出力ポートは、前記出力ポートから出力される光信号の波長帯域で波長ルーティング特性を有する前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の入力ポートに1対1に接続され、

前記 $K \times K$ アレイ導波路回折格子の各出力ポートは、該出力ポートから出力される光信号の波長帯域に属する波長の光信号を合波できる前記複数の波長帯域光合波器のうちのいずれか1つの波長帯域光合波器の入力ポートに1対1に接続され、

前記通信ノードは、

J (2以上の整数) 個の入力ポートと1つの出力ポートを有し、前記 J 個の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、 \dots 、 $IP[J]$ はそれぞれ、中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、 \dots 、中心波長 $\lambda_{B_J} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ 、(ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J-1$ 、 m は整数) の各波長帯域内に属する波長の光信号を前記1つの出力ポートに出力する $J \times 1$ 波長帯域光合波器と、

前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート $IP[1]$ 、 $IP[2]$ 、 $IP[3]$ 、 \dots 、 $IP[J]$ のいずれか1つの入力ポートに接続され、接続された前記入力ポートに属する波長帯域内の波長に設定できる波長可変光源を内蔵し前記波長の光を出力する少なくとも一つの波長可変光源内蔵光送信機と、

前記波長可変光源内蔵光送信機が接続されている入力ポート以外の前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の各入力ポート毎に設けられ、2以上の入力ポートと1個の出力ポートを有し、該出力ポートが前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに接続されている複数の光合波器と、

前記光合波器の各入力ポートに接続され、中心波長 $\lambda_{Bm} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_m$ の波長帯域に属する波長の光を発する複数の光送信機と、

J (2以上の整数) 個の出力ポートと1つの入力ポートを有し、前記1つの入力ポートは中心波長 $\lambda_{B_1} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_1$ 、中心波長 $\lambda_{B_2} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_2$ 、中心波長 $\lambda_{B_3} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_3$ 、…、中心波長 $\lambda_{B_J} \pm$ 波長帯域幅 $\Delta \lambda_J$ (ただし、 $\lambda_{B_m} + \Delta \lambda_m \leq \lambda_{B_{m+1}} - \Delta \lambda_{m+1}$ 、 $1 \leq m \leq J$ 、 m は整数) の各波長帯域幅内に属する波長の光信号を、前記 J 個の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、…、 $OP[J]$ に出力する $1 \times J$ 波長帯域光分離器と、

前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート $OP[1]$ 、 $OP[2]$ 、 $OP[3]$ 、…、 $OP[J]$ のうち、前記波長可変光源内蔵光送信機が装備された波長帯域に属する出力ポートに接続され、前記波長可変光源内蔵光送信機から出力された波長の光信号を受信する光受信機と、

前記光受信機が接続されている出力ポート以外の前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の各出力ポート毎に設けられ、2以上の出力ポートと1つの入力ポートを有し、該入力ポートが前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の出力ポートに接続されている複数の光分波器と、

前記光分波器の各出力ポートに接続された複数の光受信機とを備え、

前記 $1 \times J$ 波長帯域光分離器の前記1つの入力ポートは、前記波長ルーティング装置の前記装置出力ポートに光導波路を介して接続され、

前記光パス管理方法は、

全ての前記通信ノードに設けられ同一の波長帯域の光信号を出力する前記波長可変光源内蔵光送信機の組が少なくとも一つ存在し、これら波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域が K 個 (K は2以上の整数) ある場合には、各前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域に相異なる

る1番からK番までの優先順位を割り当てる過程と、

前記波長可変光源内蔵光送信機に接続された前記 $J \times 1$ 波長帯域光合波器の入力ポートに属する波長帯域のうち、 x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在する光パスの波長帯域の中で最も大きな番号の優先順位が b 番目であり、 x 番目の通信ノード又は y 番目の通信ノードを始終点として存在する光パスに使用していない波長帯域の中で最も小さな番号の優先順位が a 番目であり、 a 番が b 番よりも小さい番号である時に、 a 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間の光パスを設立するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する過程と、

前記 a 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間の光パスを設立した後に、 b 番目の優先順位の波長帯域で x 番目の通信ノードと y 番目の通信ノード間に存在していた光パスを停止するように、前記波長可変光源内蔵光送信機のオン・オフ及び発振波長を制御する過程と

を備えた光パス管理方法。

11. 請求項10に記載の光パス管理方法の各過程をコンピュータに実行させる光パス管理プログラム。

12. 請求項11に記載の光パス管理プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

図1

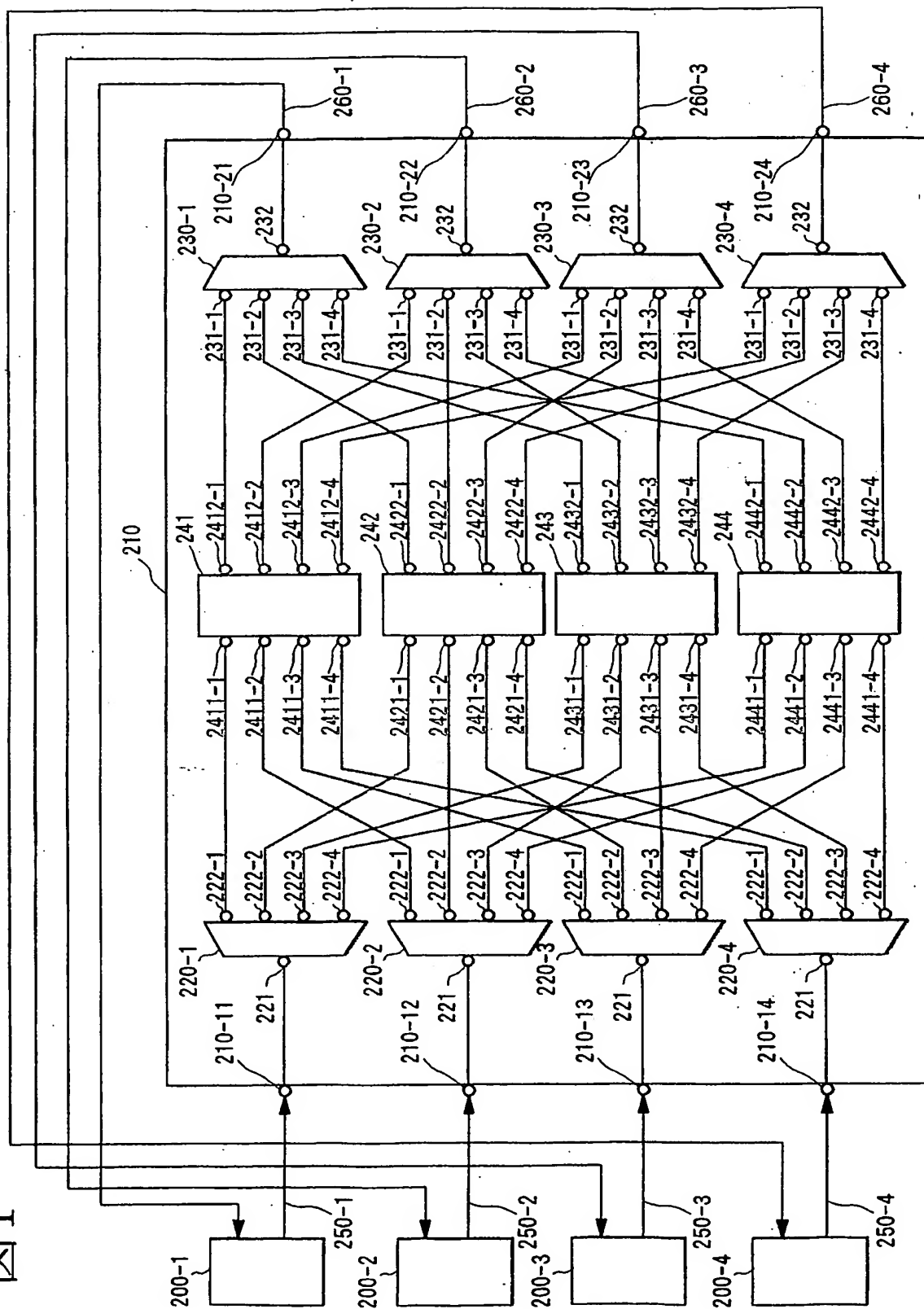


図2

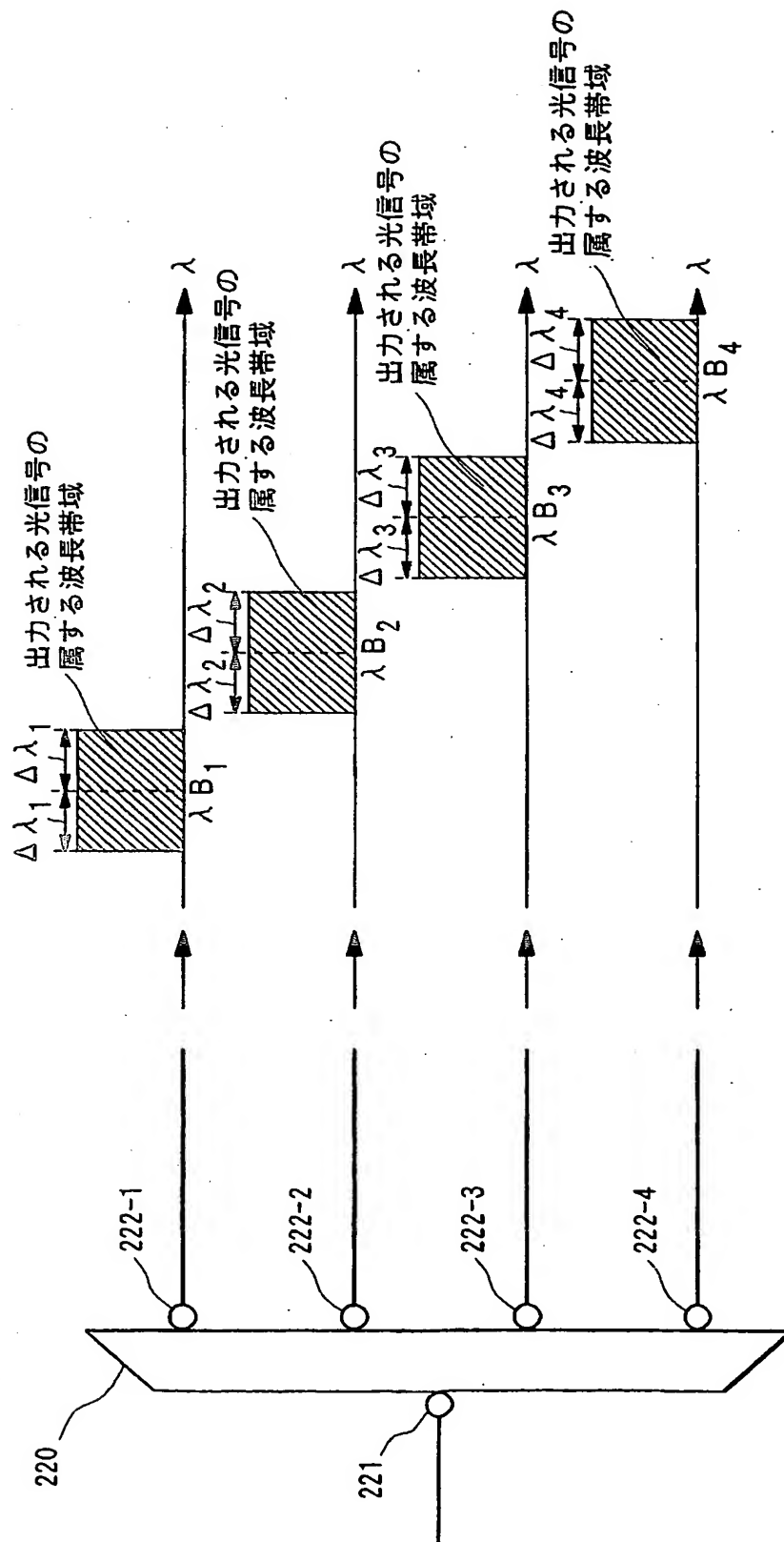


図3

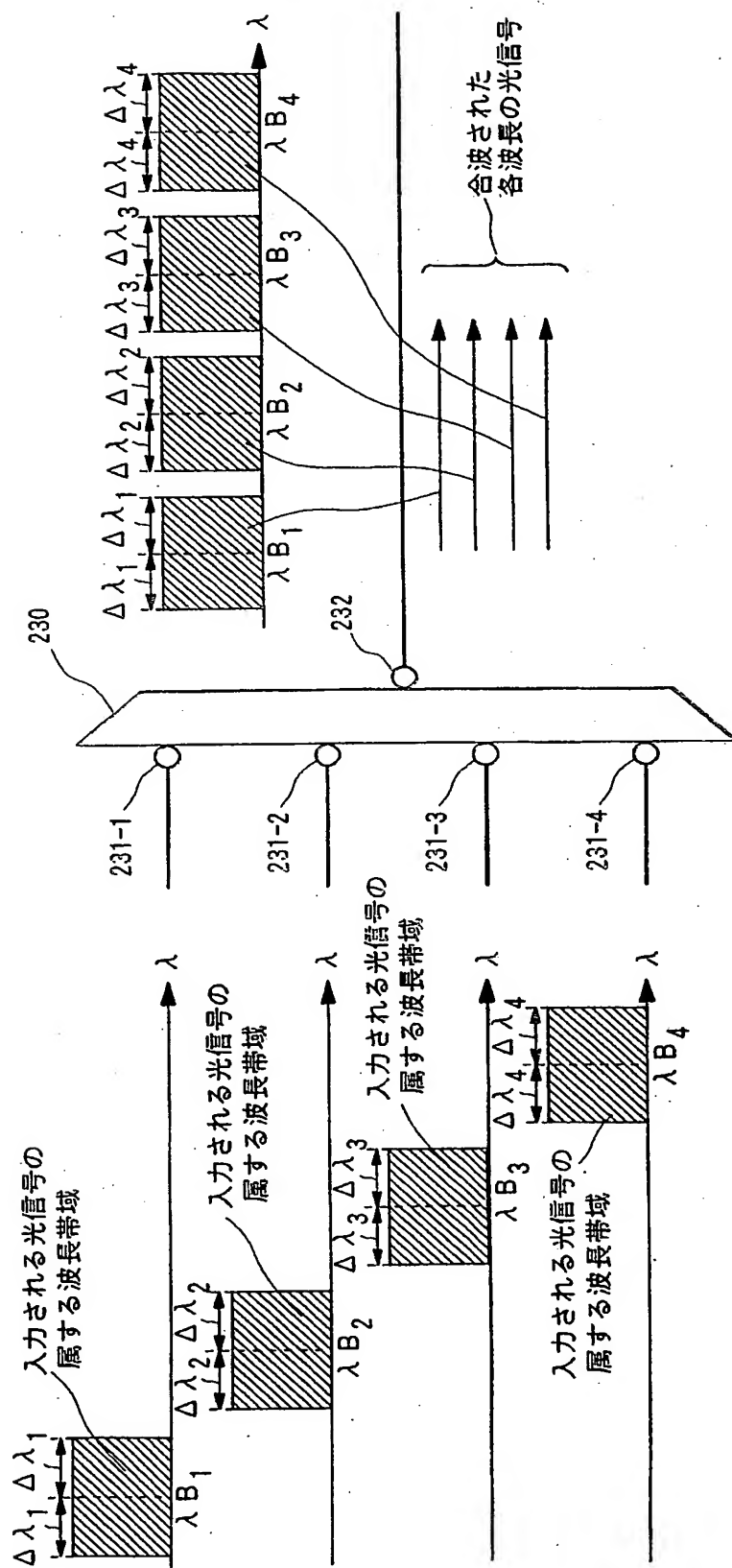


図 4

	第 1 出力 ポート	第 2 出力 ポート	第 3 出力 ポート	第 4 出力 ポート
第 1 入力ポート	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}
第 2 入力ポート	λ_{12}	λ_{13}	λ_{14}	λ_{11}
第 3 入力ポート	λ_{13}	λ_{14}	λ_{11}	λ_{12}
第 4 入力ポート	λ_{14}	λ_{11}	λ_{12}	λ_{13}

図 5

	第 1 出力 ポート	第 2 出力 ポート	第 3 出力 ポート	第 4 出力 ポート
第 1 入力ポート	λ_{21}	λ_{22}	λ_{23}	λ_{24}
第 2 入力ポート	λ_{22}	λ_{23}	λ_{24}	λ_{21}
第 3 入力ポート	λ_{23}	λ_{24}	λ_{21}	λ_{22}
第 4 入力ポート	λ_{24}	λ_{21}	λ_{22}	λ_{23}

図 6

	第 1 出力 ポート	第 2 出力 ポート	第 3 出力 ポート	第 4 出力 ポート
第 1 入力ポート	$\lambda 31$	$\lambda 32$	$\lambda 33$	$\lambda 34$
第 2 入力ポート	$\lambda 32$	$\lambda 33$	$\lambda 34$	$\lambda 31$
第 3 入力ポート	$\lambda 33$	$\lambda 34$	$\lambda 31$	$\lambda 32$
第 4 入力ポート	$\lambda 34$	$\lambda 31$	$\lambda 32$	$\lambda 33$

図 7

	第 1 出力 ポート	第 2 出力 ポート	第 3 出力 ポート	第 4 出力 ポート
第 1 入力ポート	$\lambda 41$	$\lambda 42$	$\lambda 43$	$\lambda 44$
第 2 入力ポート	$\lambda 42$	$\lambda 43$	$\lambda 44$	$\lambda 41$
第 3 入力ポート	$\lambda 43$	$\lambda 44$	$\lambda 41$	$\lambda 42$
第 4 入力ポート	$\lambda 44$	$\lambda 41$	$\lambda 42$	$\lambda 43$

図 8

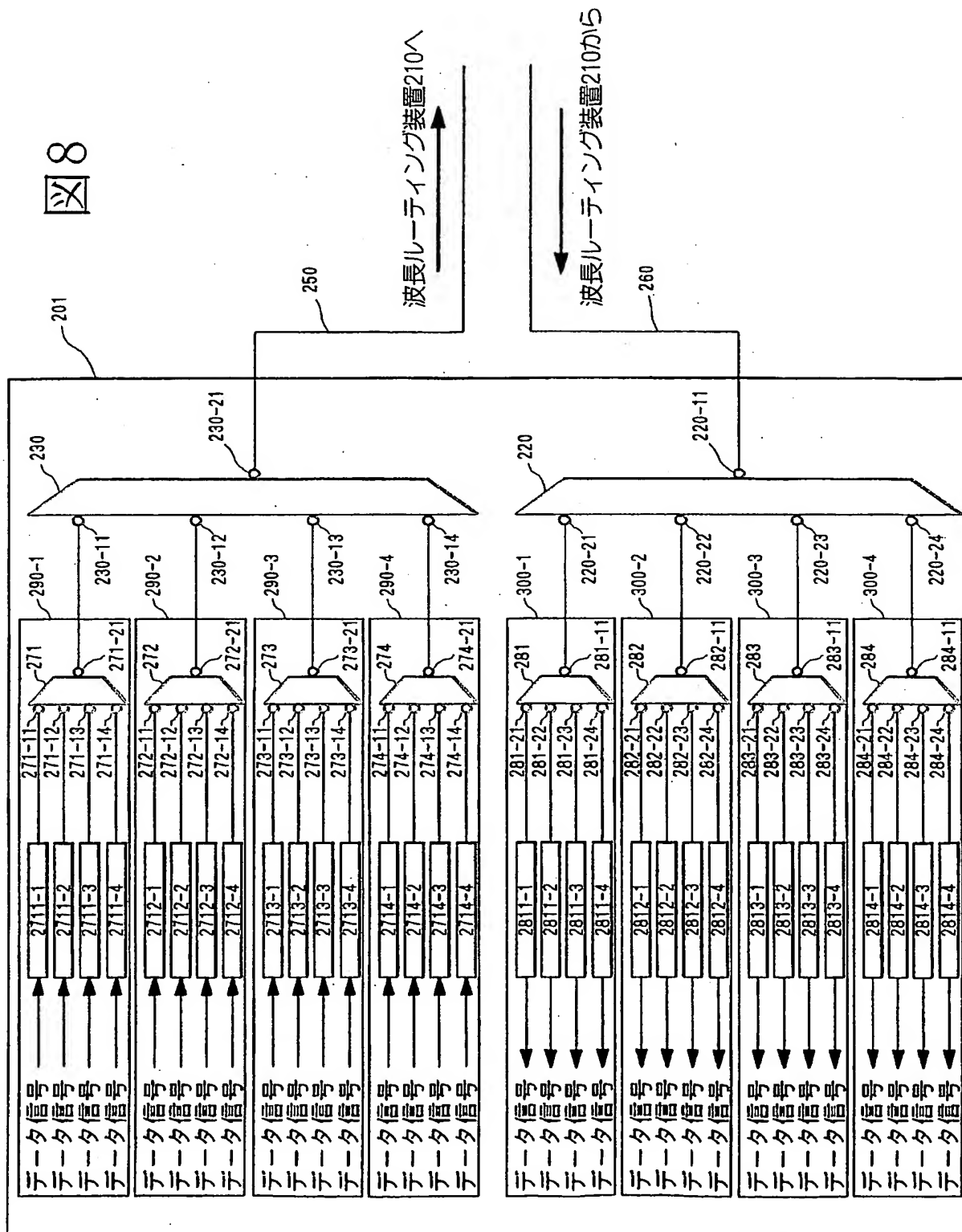


図 9

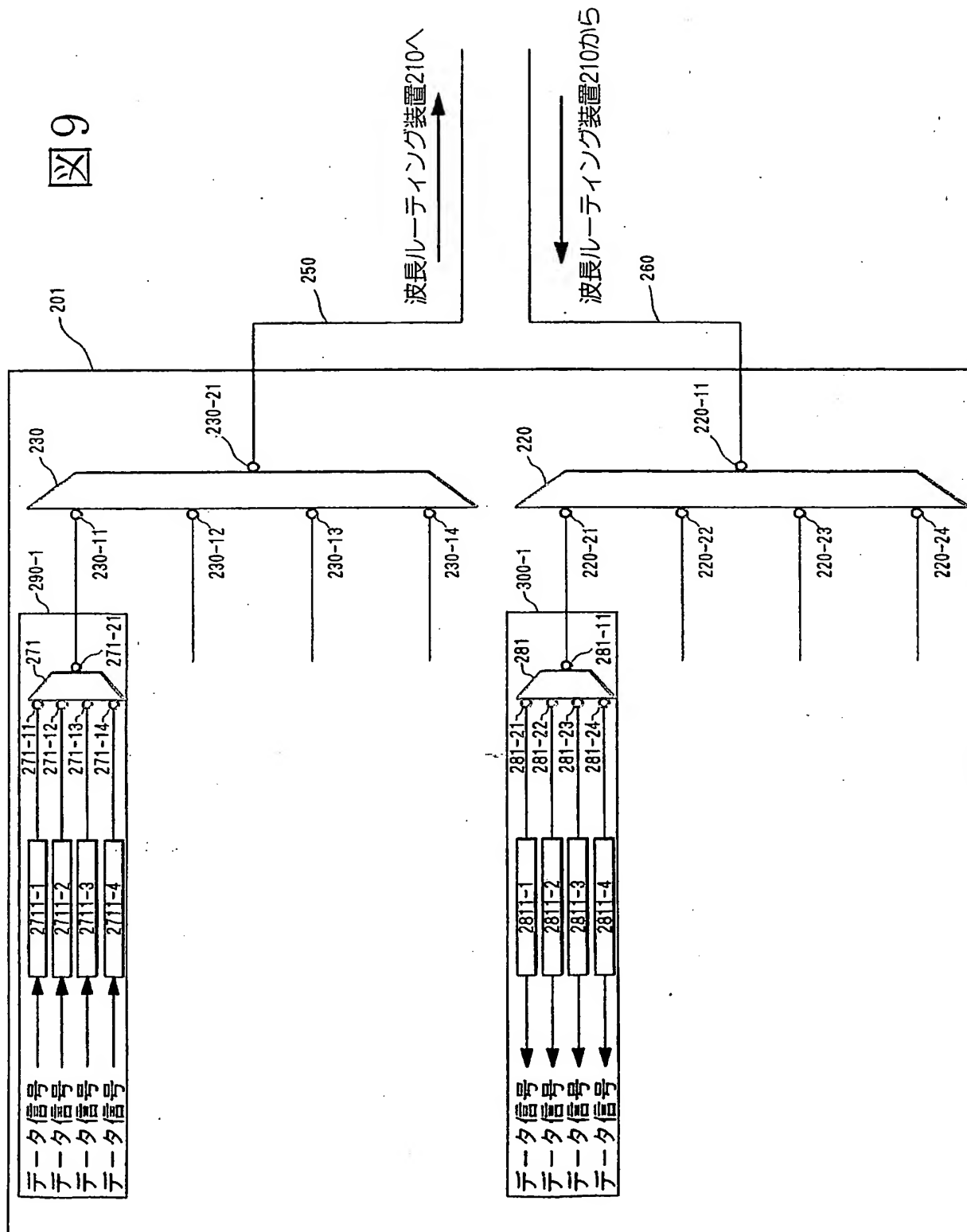
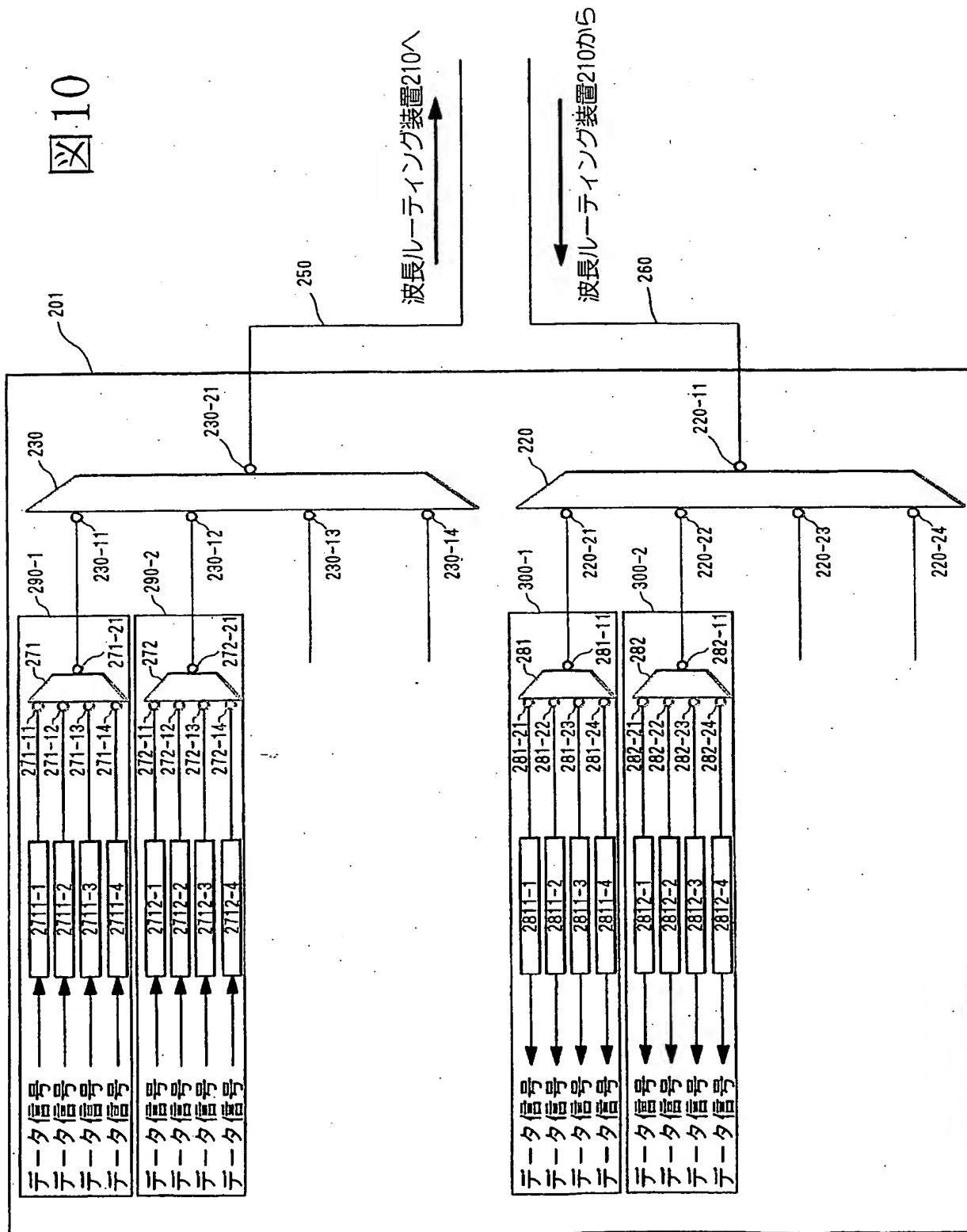


図 10



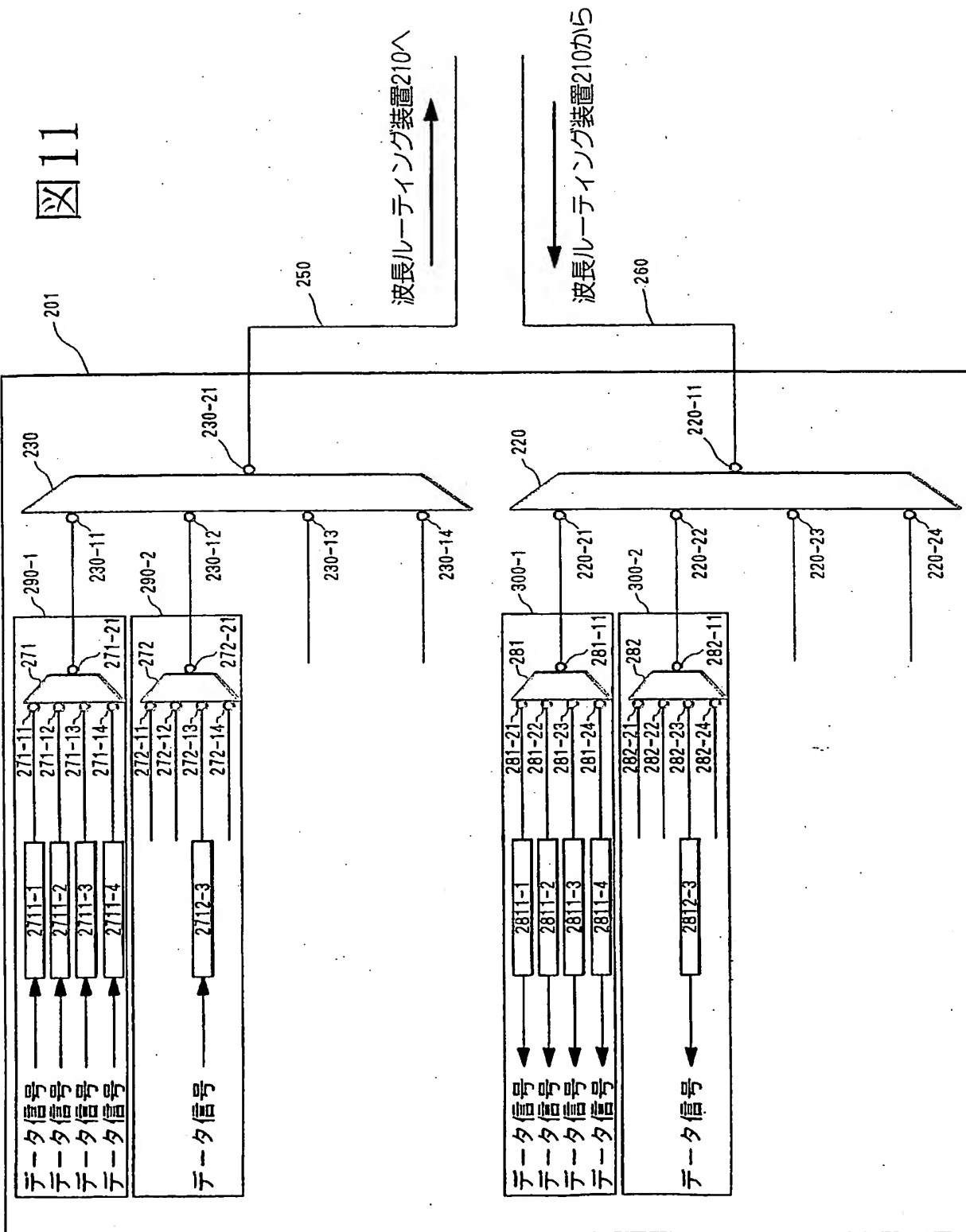
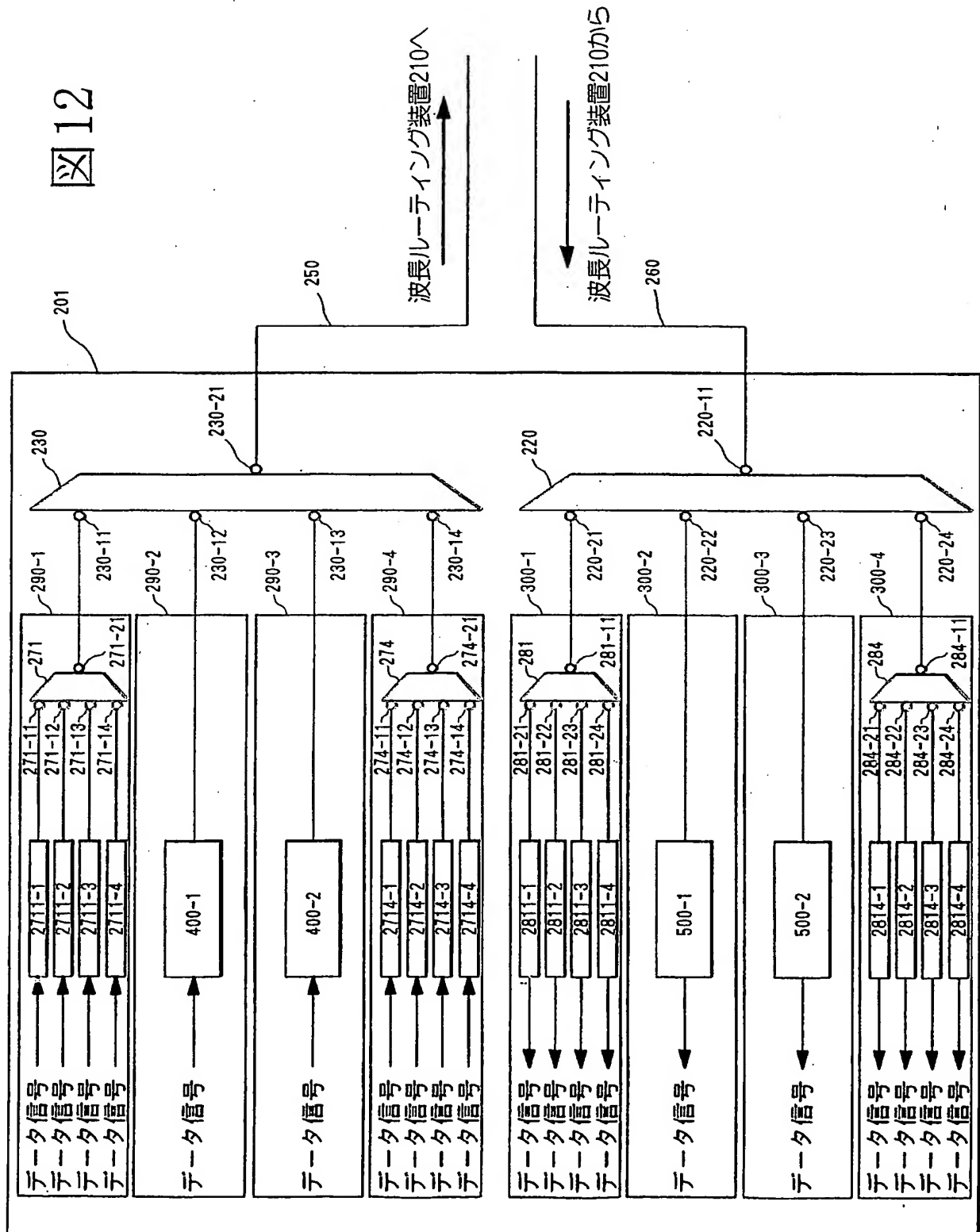


図12



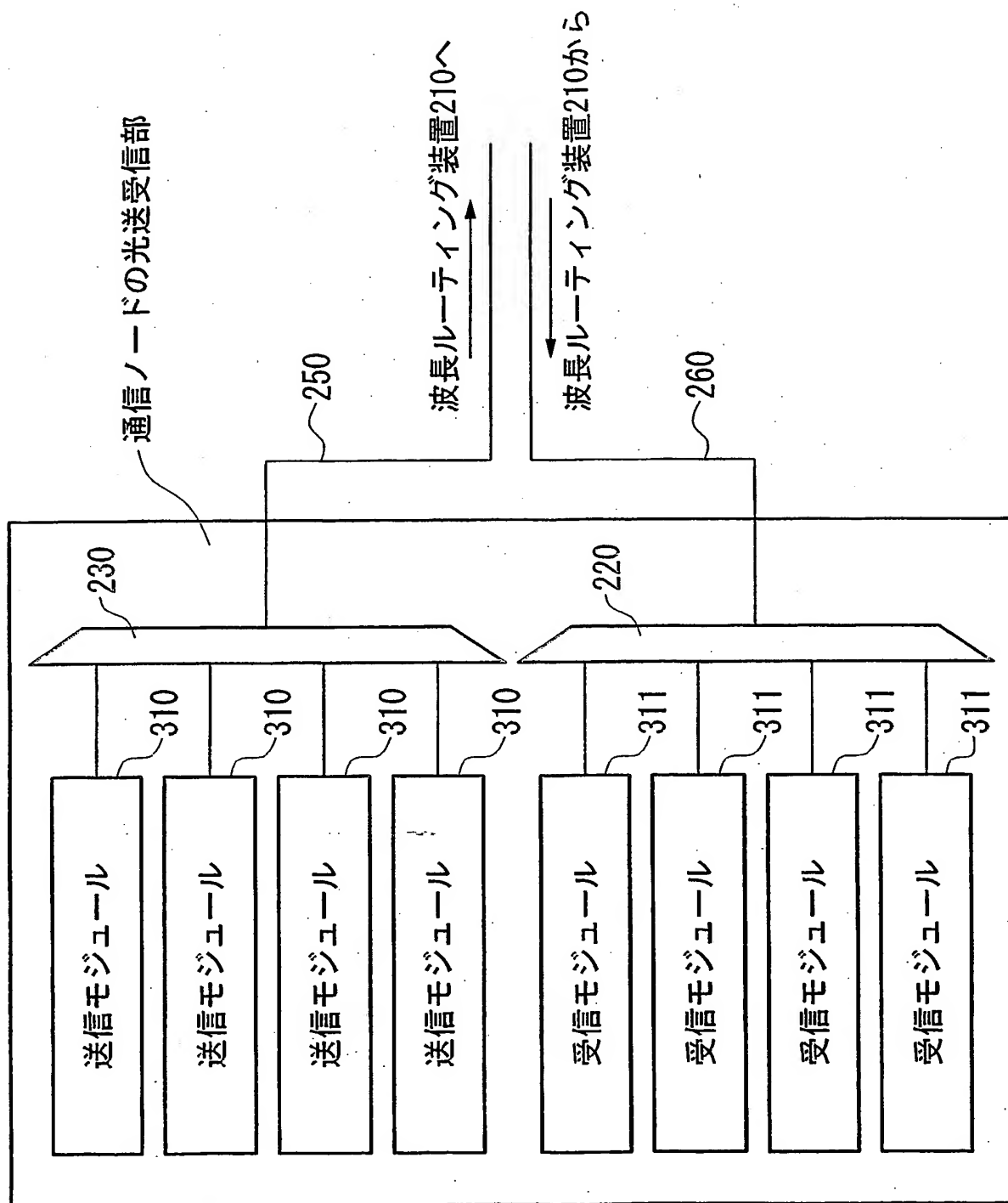


図14A

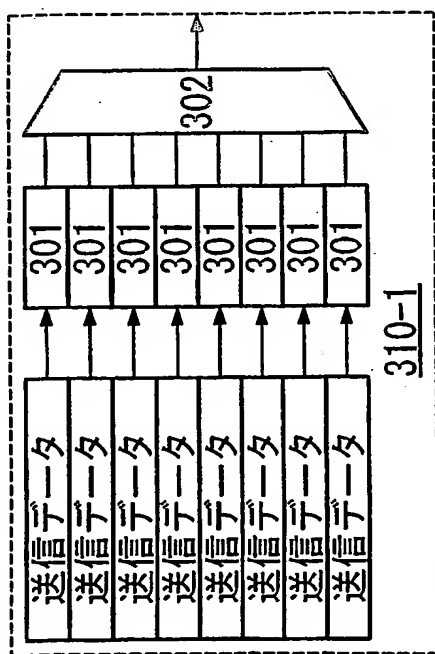


図14C

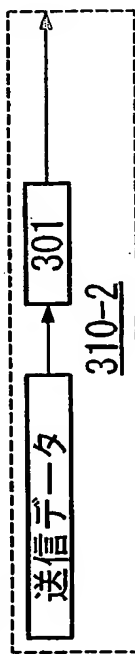


図14E

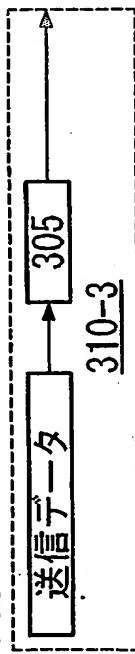


図14G

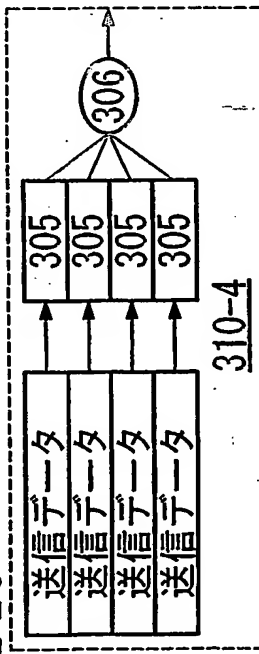


図14B

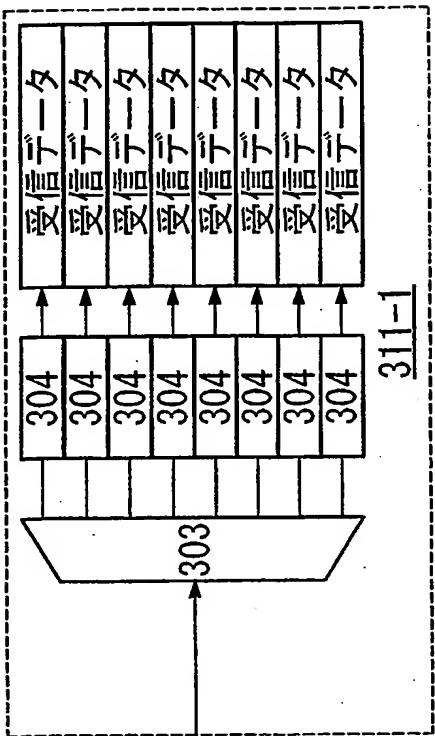


図14D

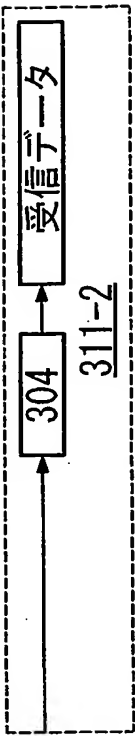


図14F

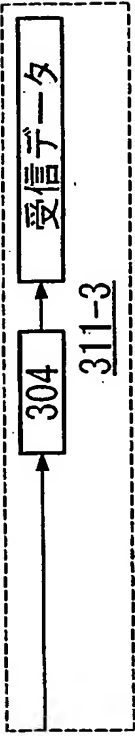
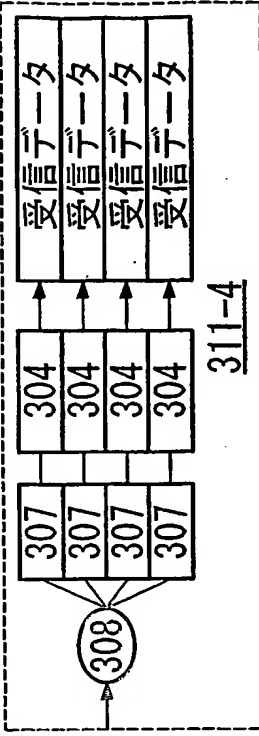


図14H



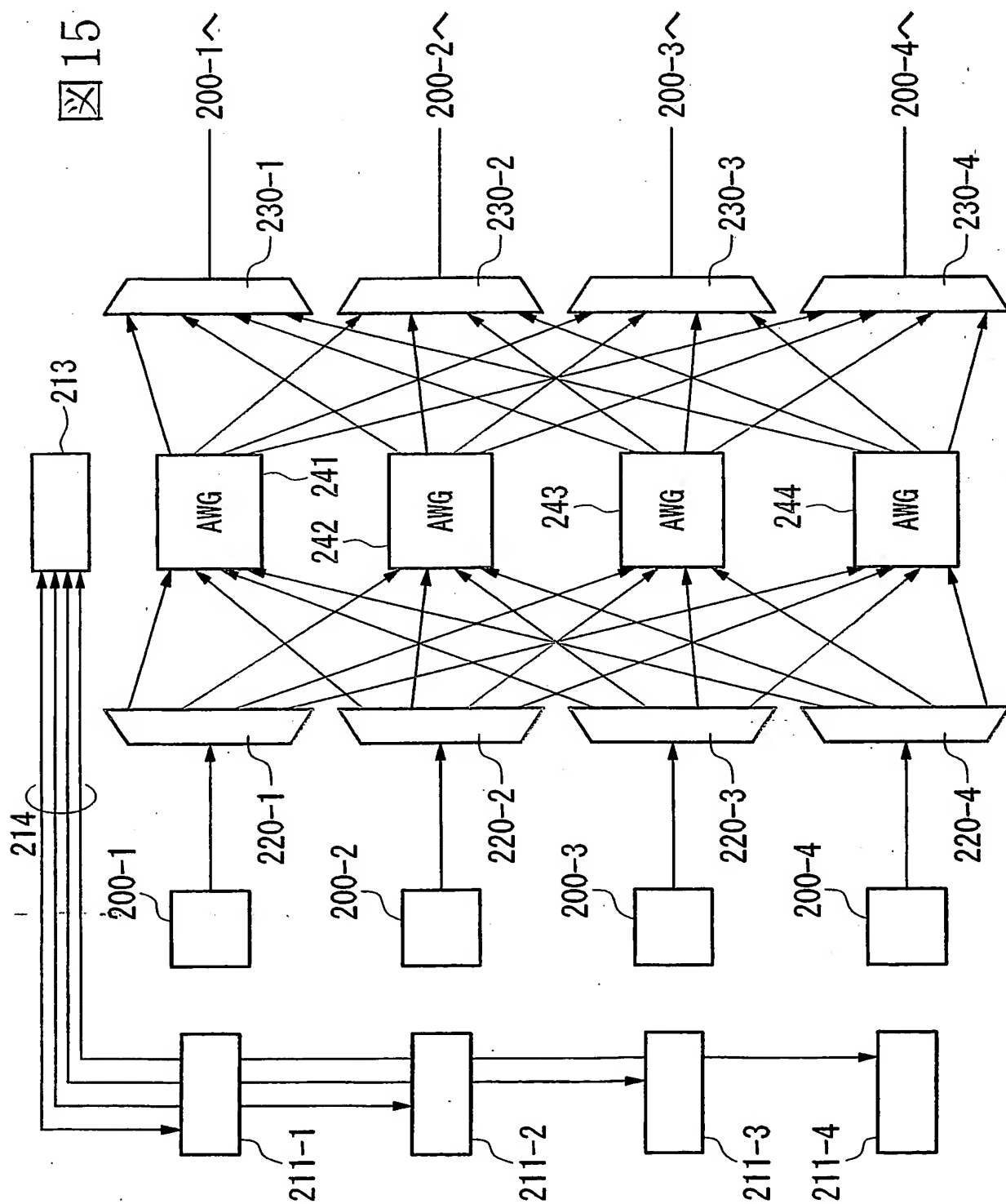
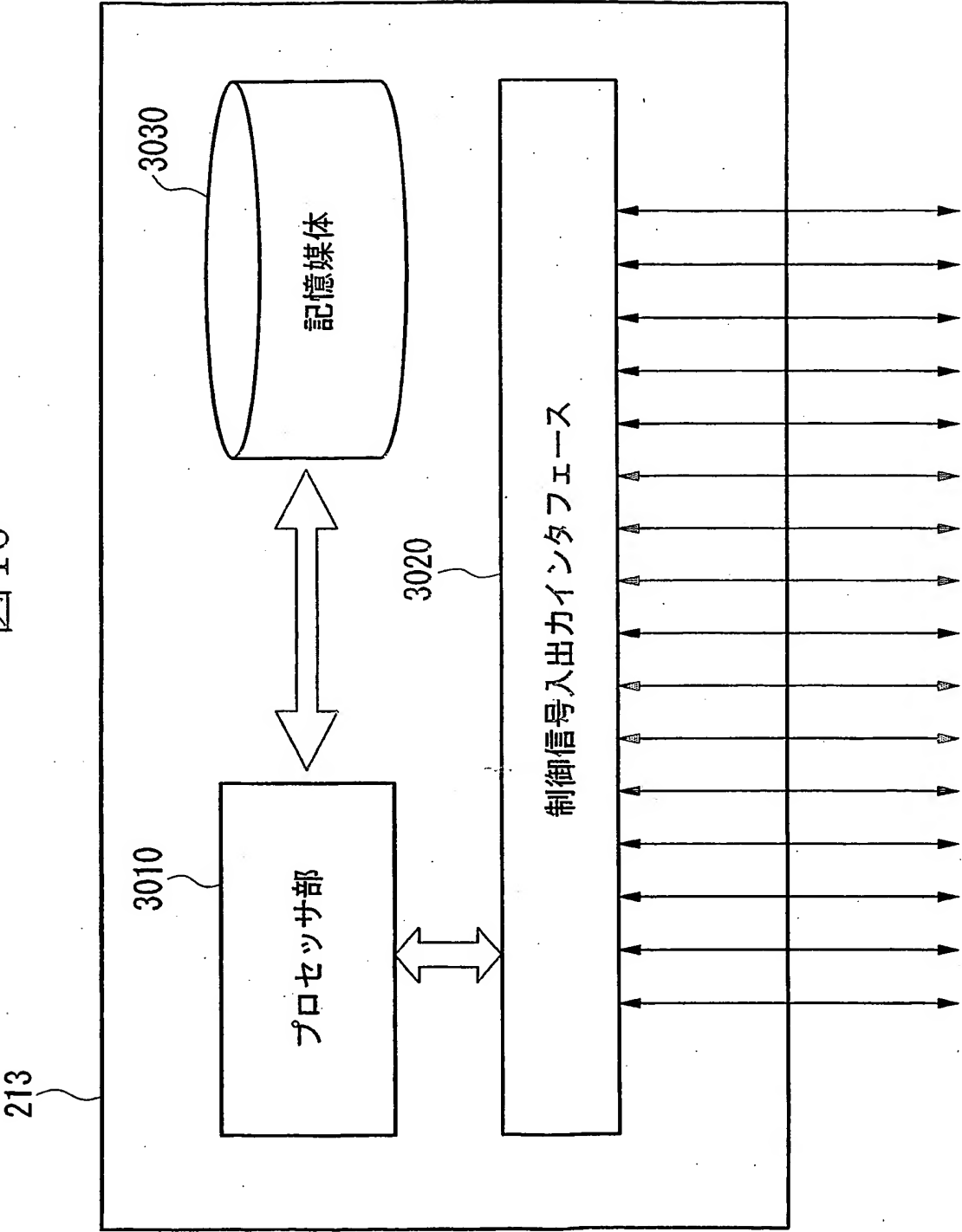


図16



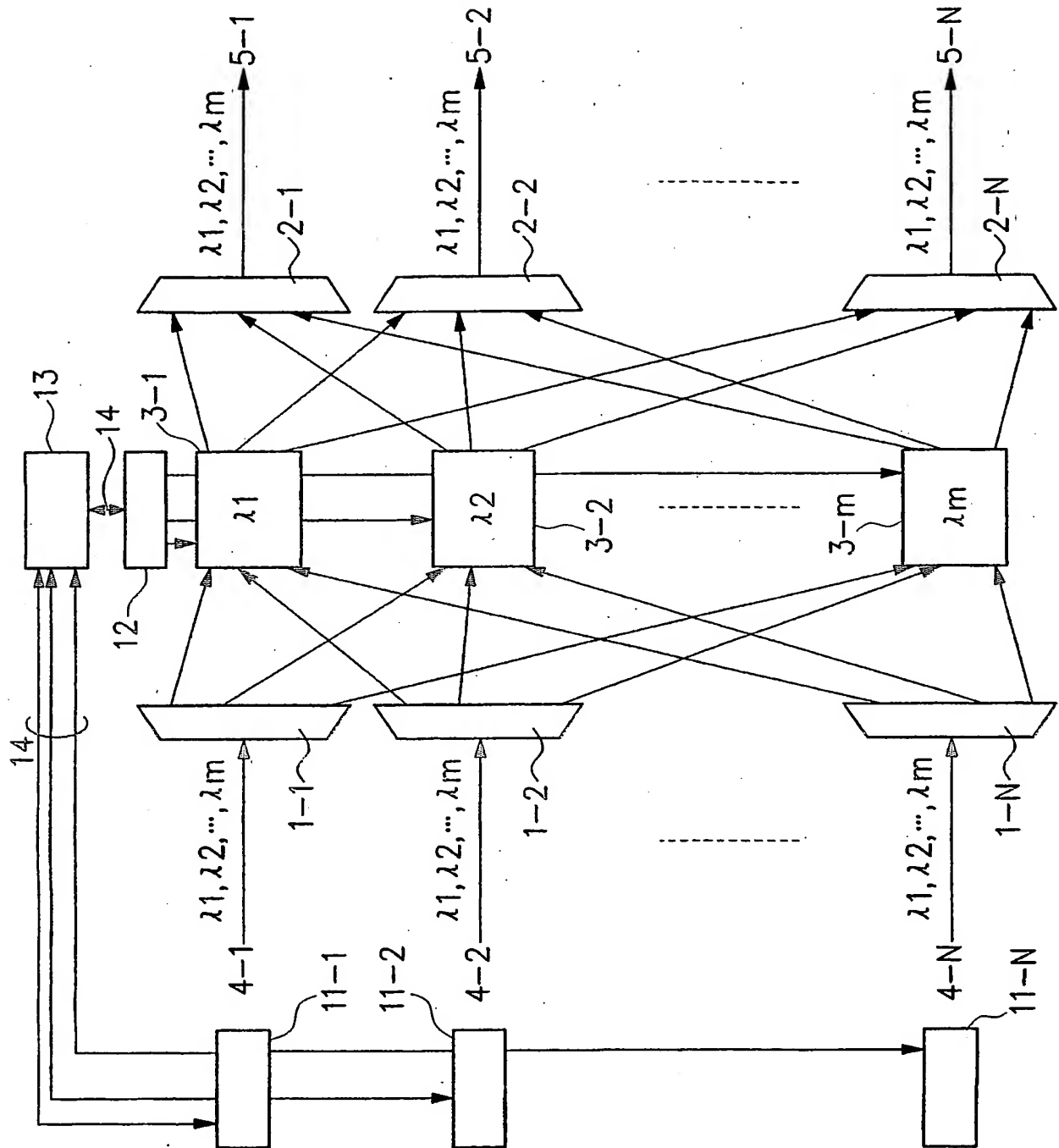


図18

図19A

1	
入力 通信 ノード	光パス の宛先 通信 ノード
1	3
2	0
3	1
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0

λ1の光パスを
示すテーブル

図19B

2	
入力 通信 ノード	光パス の宛先 通信 ノード
1	0
2	5
3	0
4	0
5	2
6	0
7	0
8	0

λ2の光パスを
示すテーブル

図19C

3	
入力 通信 ノード	光パス の宛先 通信 ノード
1	0
2	8
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	2

λ3の光パスを
示すテーブル

図19D

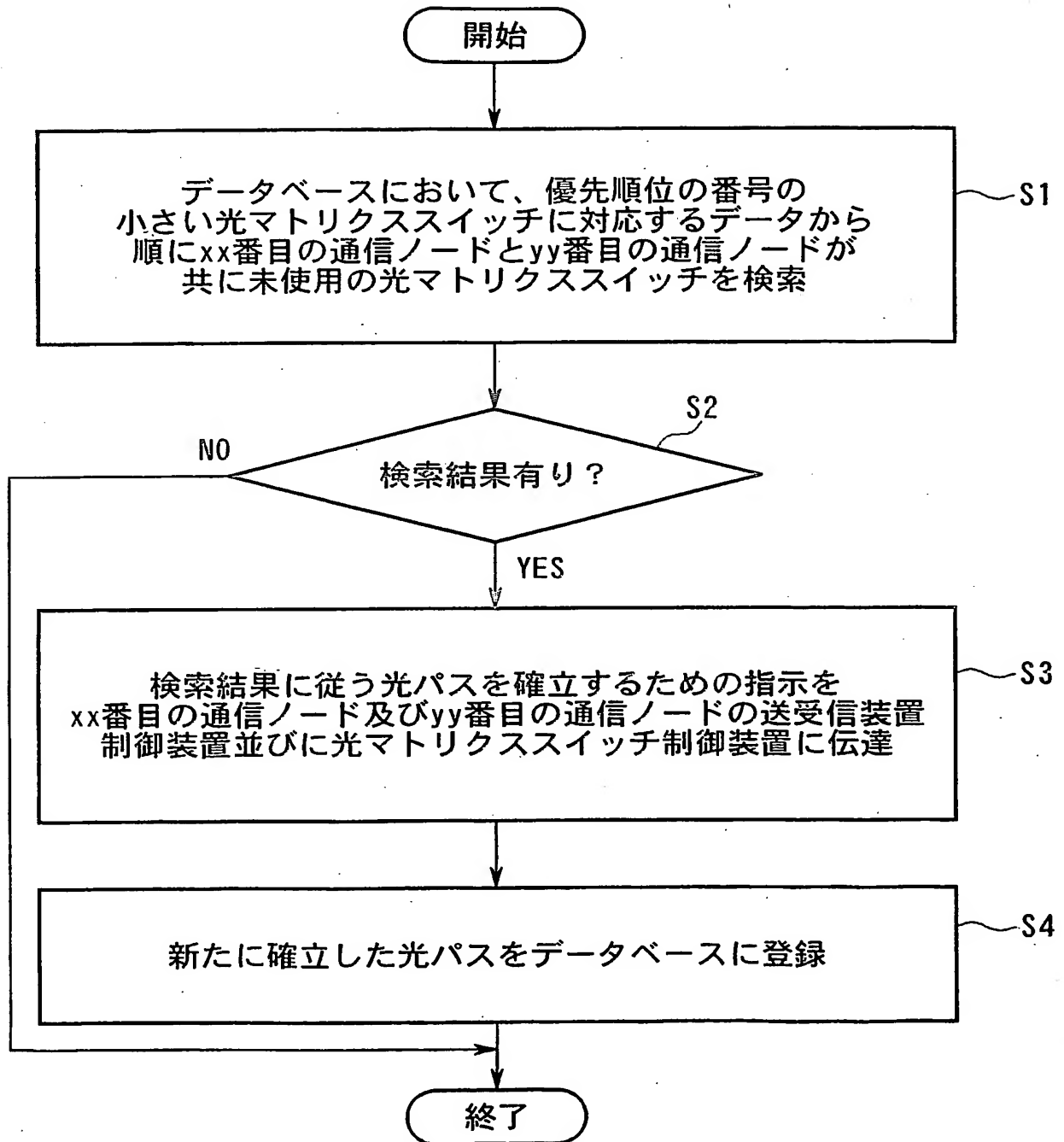
4	
入力 通信 ノード	光パス の宛先 通信 ノード
1	3
2	0
3	1
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0

λ4の光パスを
示すテーブル

“0”は該当する通信ノードが
未使用であることを示す。

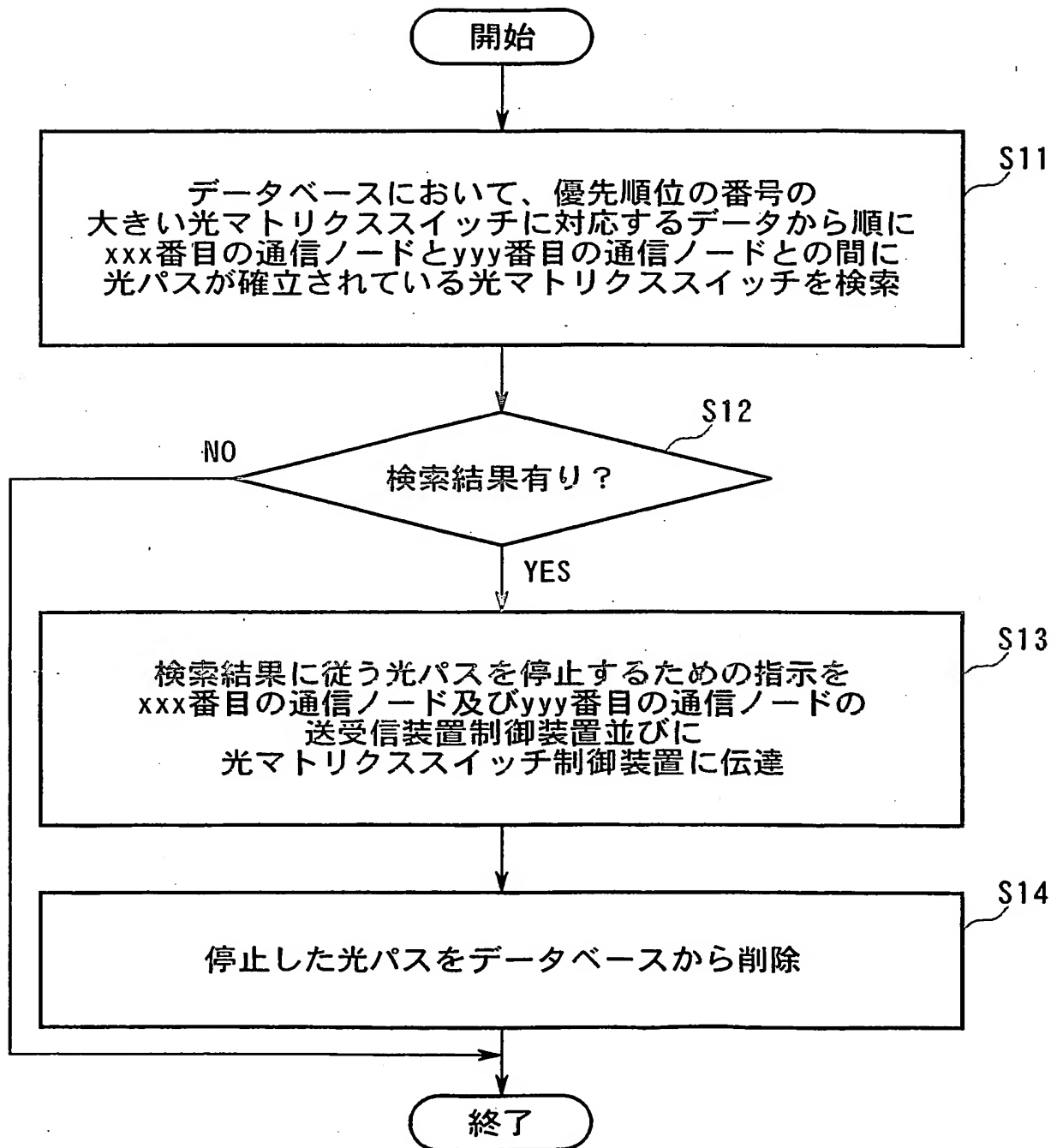
18/29

図20



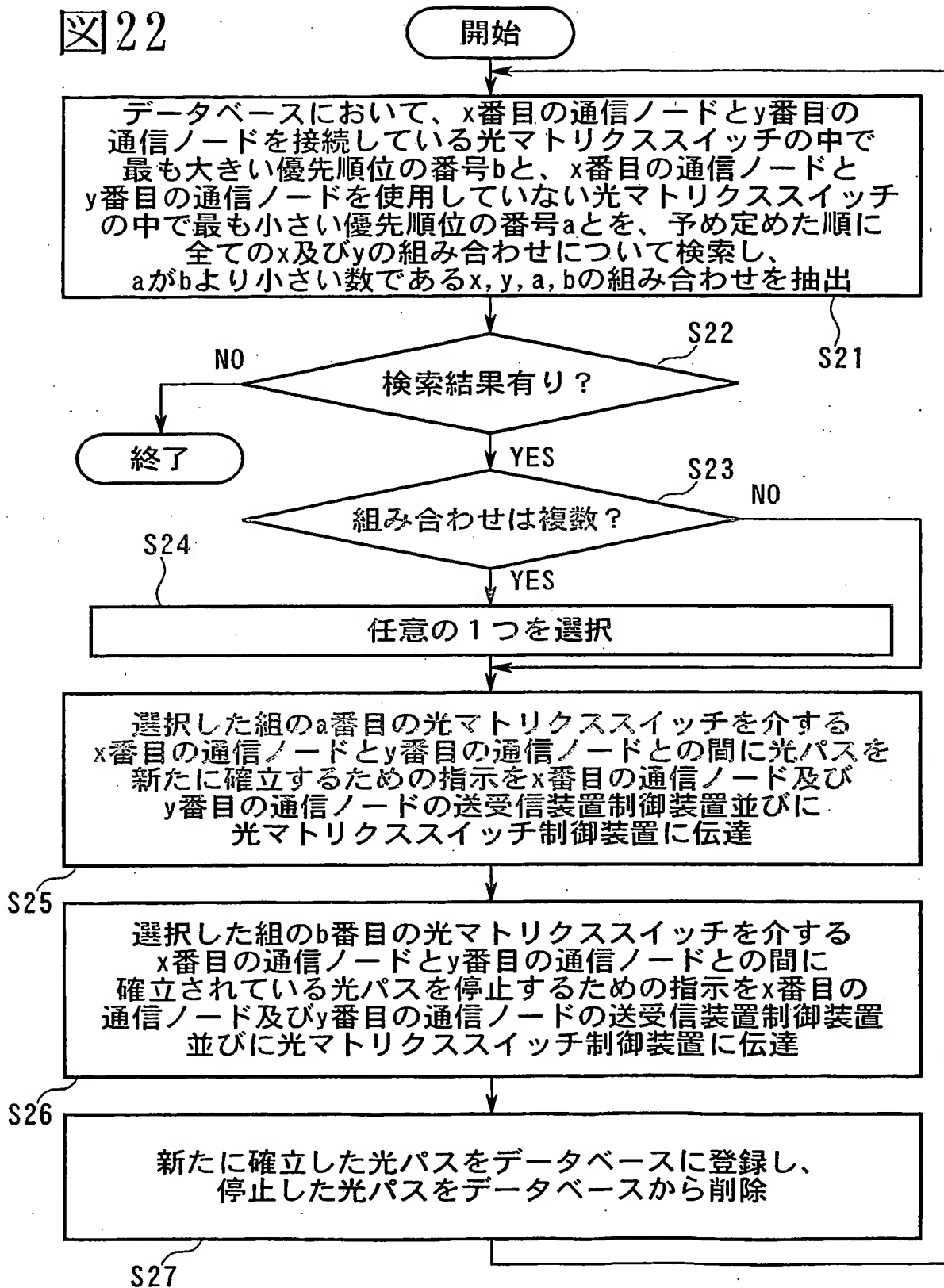
19/29

図21



20/29

図22



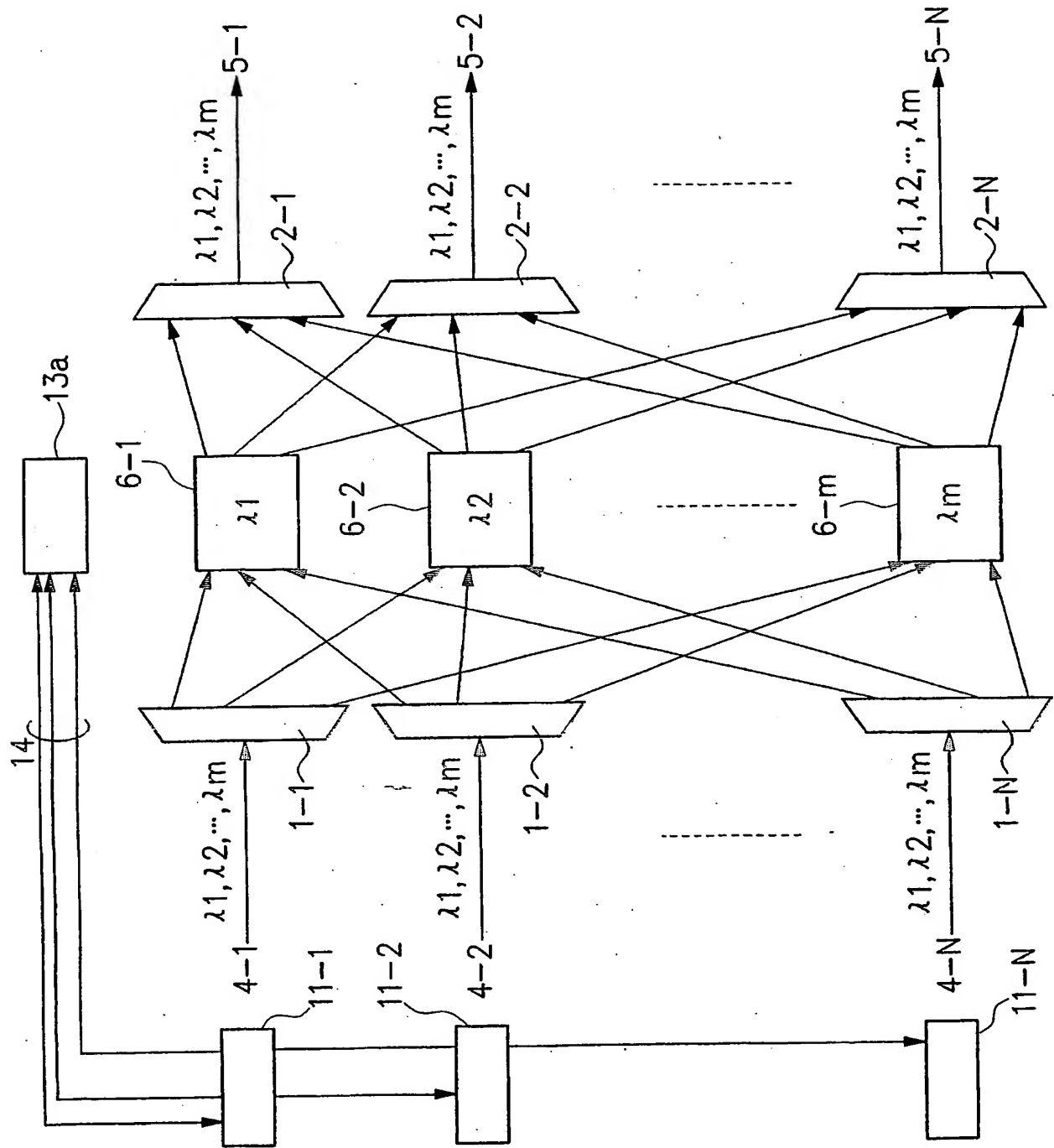


図 23

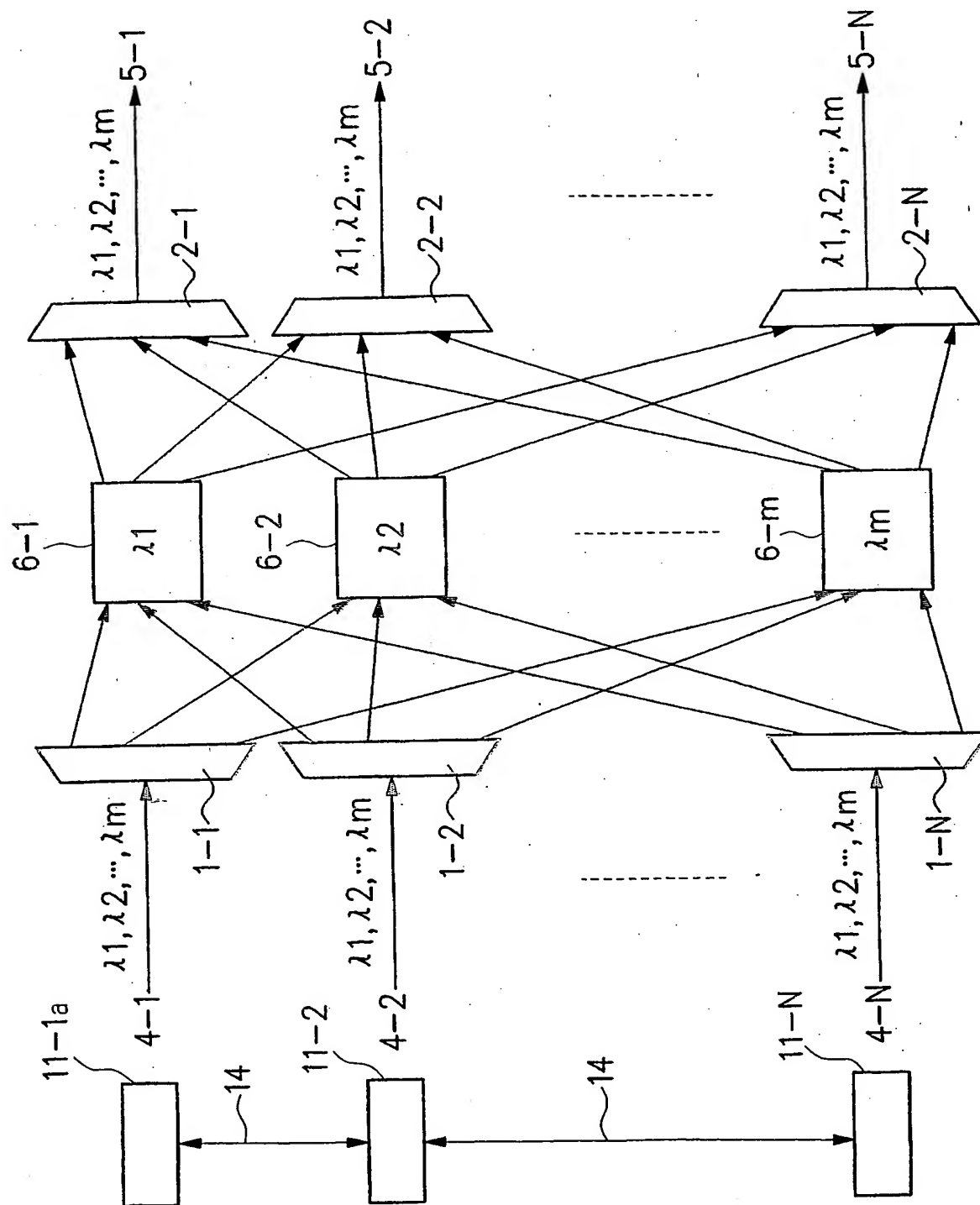


図 24

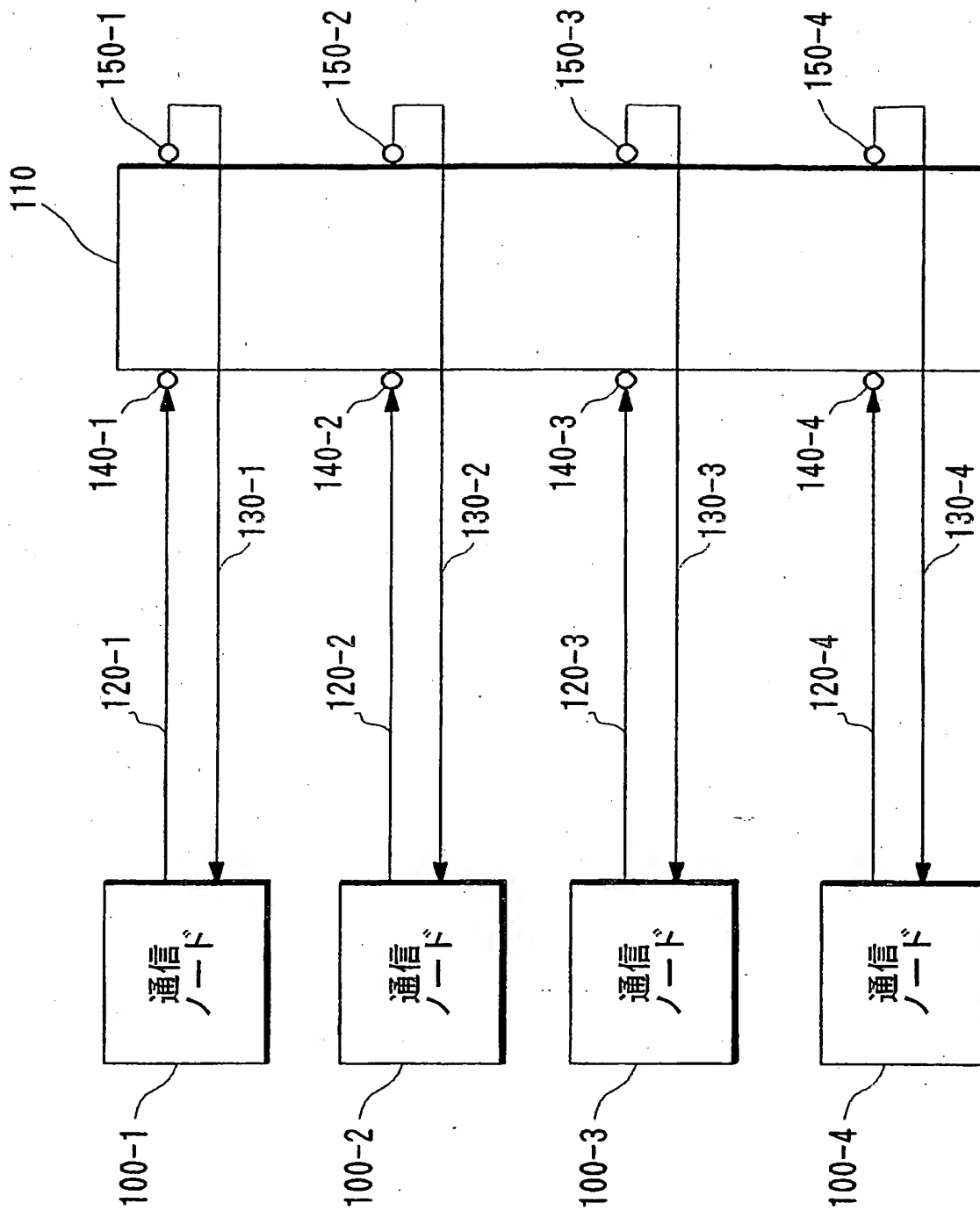


図 25

図 26

		出力ポート			
入力ポート		150-1	150-2	150-3	150-4
	140-1	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
	140-2	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$
	140-3	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$
	140-4	$\lambda 4$	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$

図 27

		出力ポート			
入力ポート		150-1	150-2	150-3	150-4
	140-1	$\lambda 1$	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$
	140-2	$\lambda 2$	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$
	140-3	$\lambda 3$	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$
	140-4	$\lambda 4$	$\lambda 5$	$\lambda 6$	$\lambda 7$

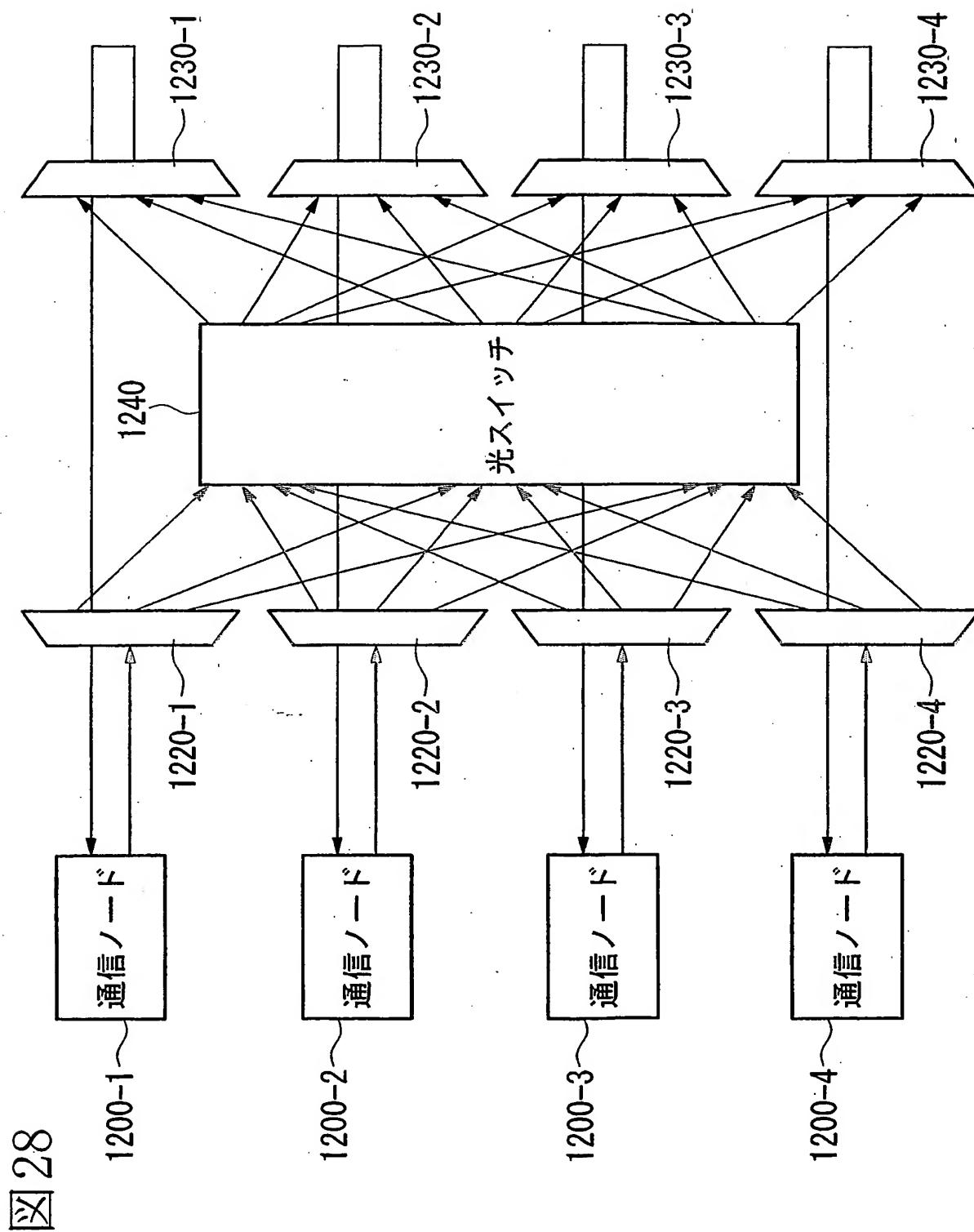
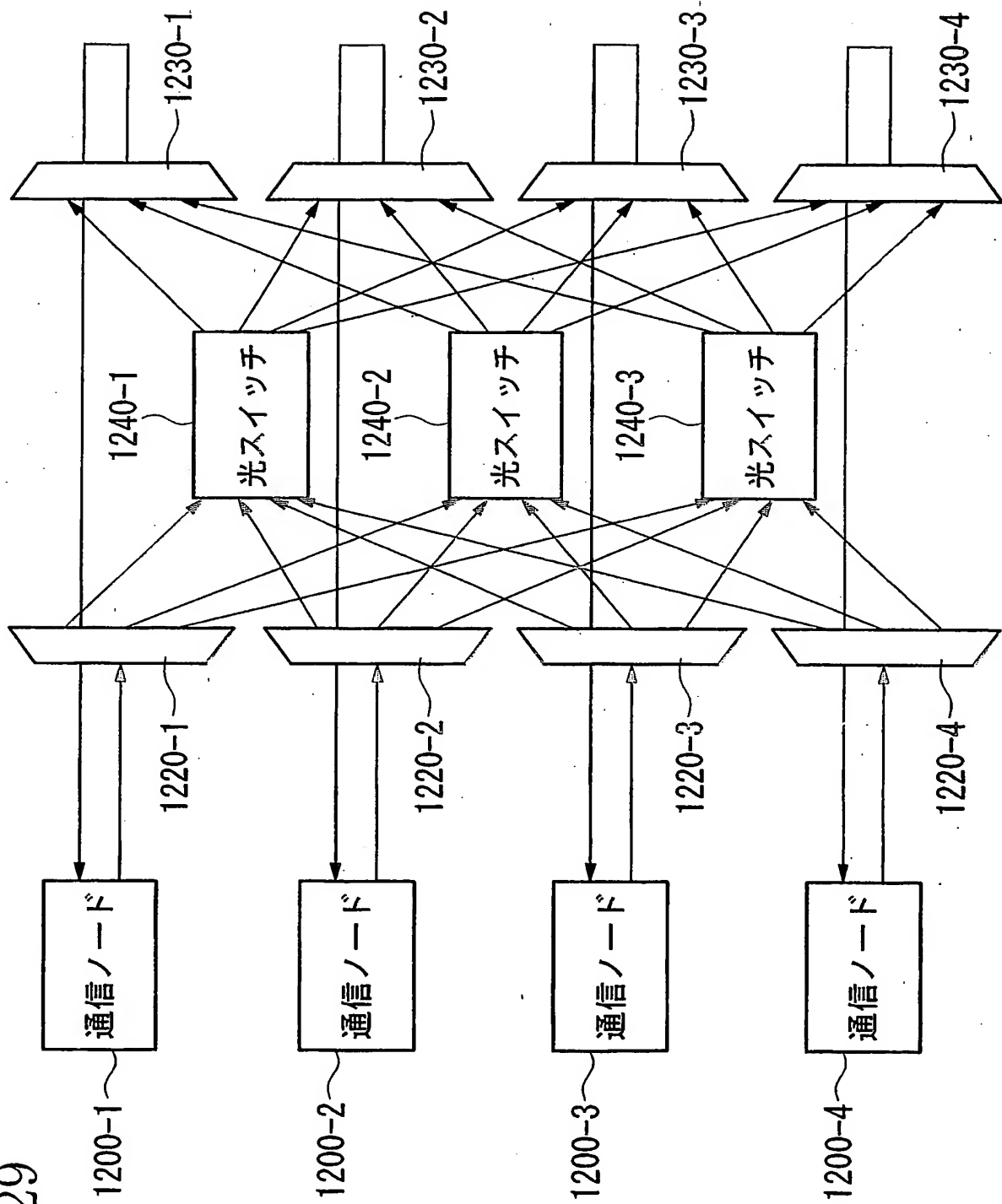
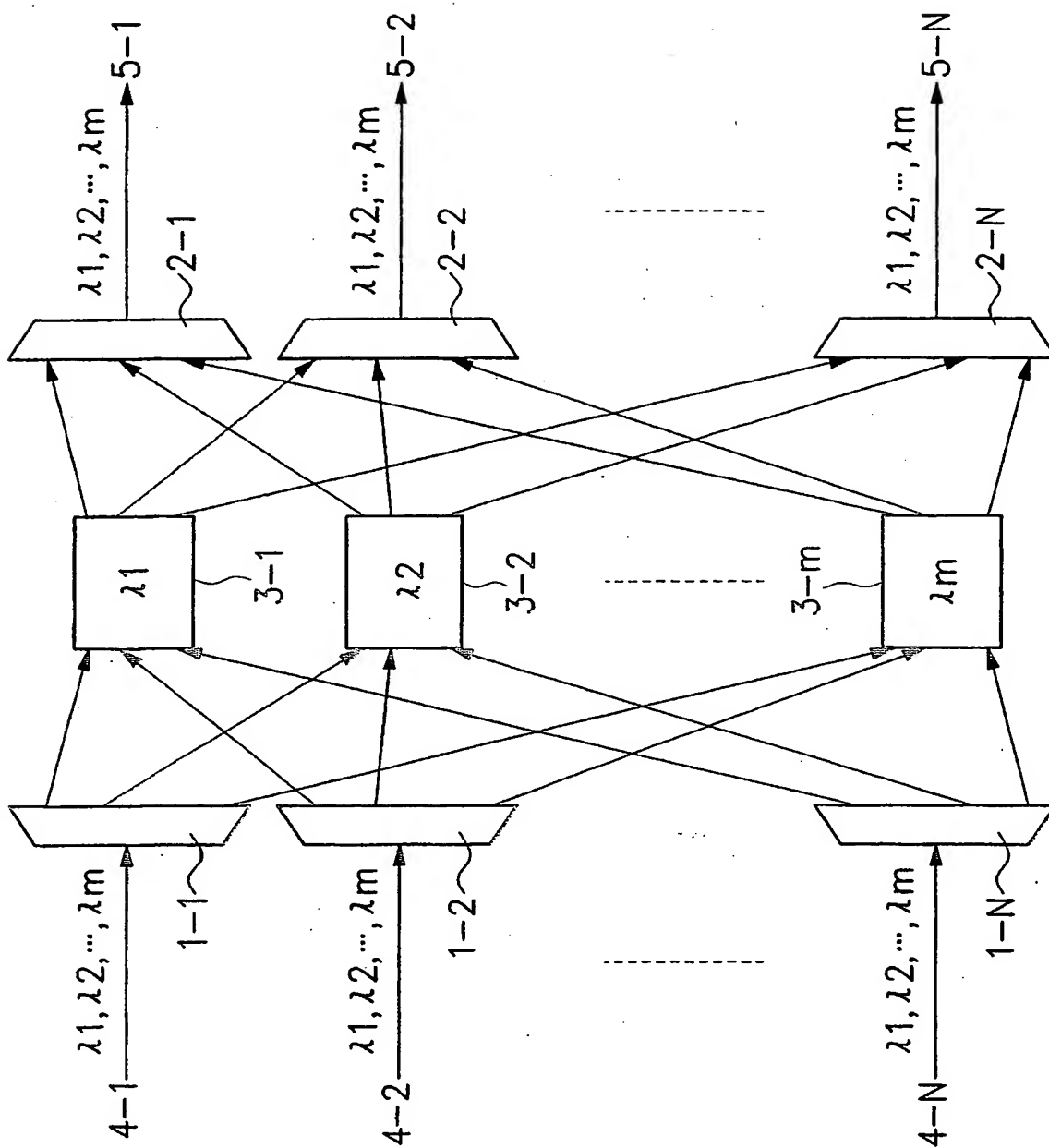


図29





30

図31A

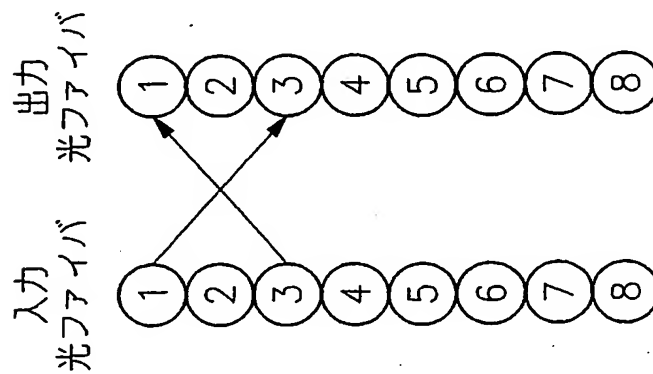
 $\lambda 1$ の光/パス

図31B

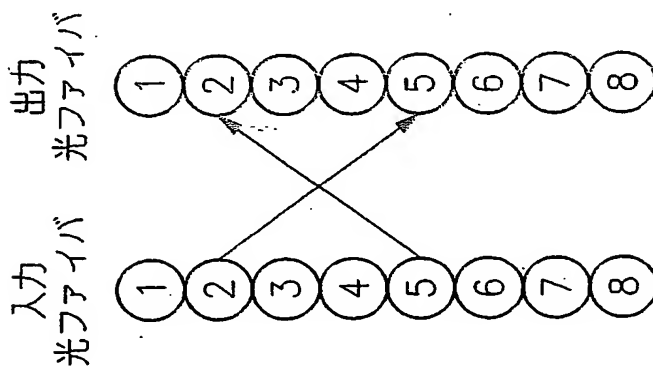
 $\lambda 2$ の光/パス

図31C

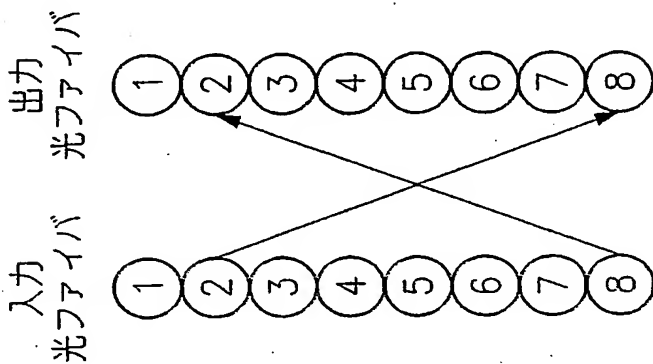
 $\lambda 3$ の光/パス

図31D

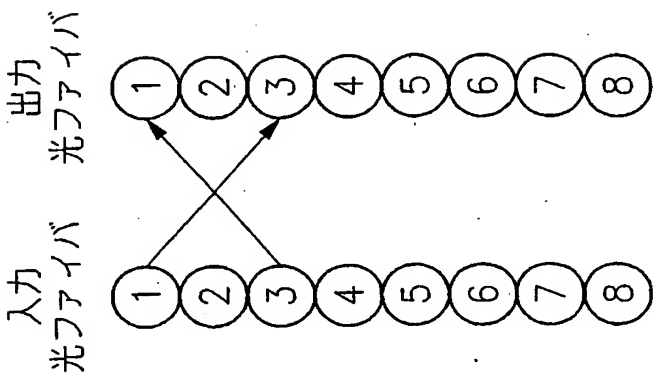
 $\lambda 4$ の光/パス

図32A

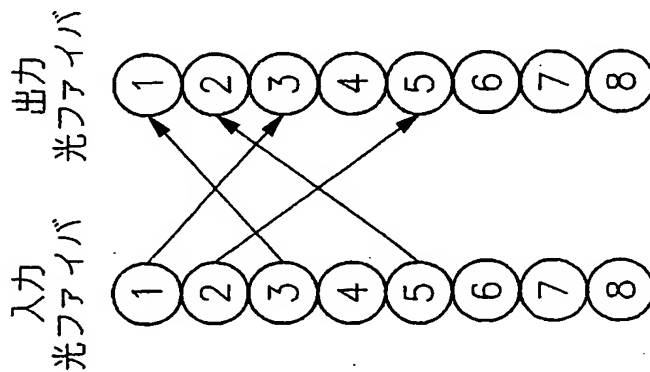


図32B

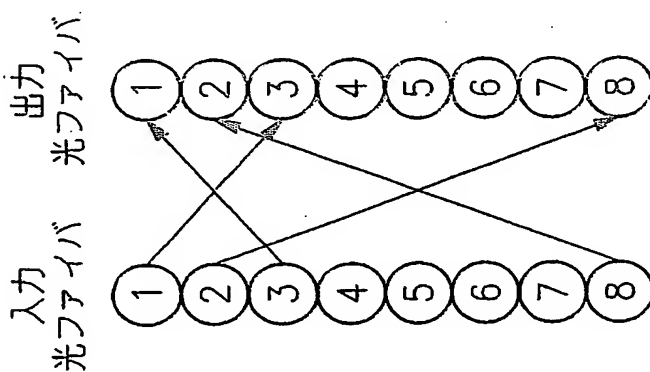


図32C

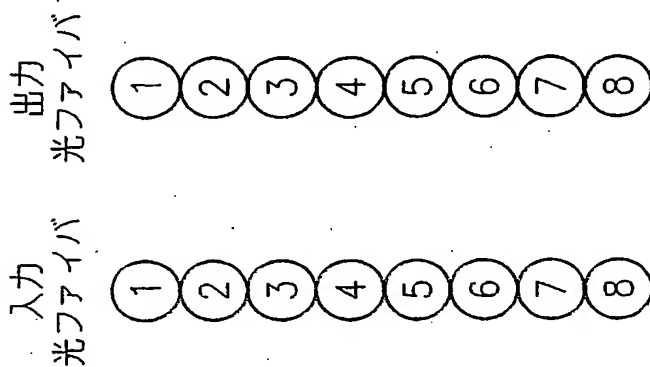
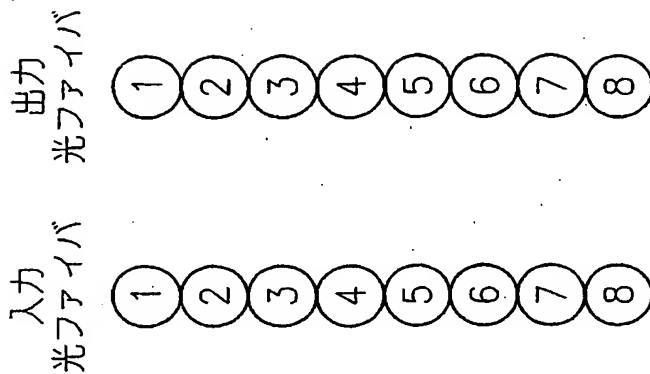


図32D



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/001891

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ H04J14/02, H04B10/20				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl ⁷ H04J14/02, H04B10/20				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JOIS (on the web)				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
A	JP 2001-8244 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 12 January, 2001 (12.01.01), (Family: none)	1-12		
A	JP 2002-262319 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 13 September, 2002 (13.09.02), (Family: none)	1-12		
A	Hideaki OKAYAMA, Takeshi KAMIJOH, and Masato KAWAHARA, Multi wavelength Highway Photonic Switches Using Wavelength-Sorting Elements-Design, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, Vol.15, No.4, April 1997, pages 607 to 615	1-12		
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.				
<table border="0"> <tr> <td> * Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed </td> <td> "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family </td> </tr> </table>			* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search 24 May, 2004 (24.05.04)		Date of mailing of the international search report 08 June, 2004 (08.06.04)		
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer		
Facsimile No.		Telephone No.		

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J14/02, H04B10/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H04J14/02, H04B10/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS (on the web)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2001-8244 A (日本電信電話株式会社) 2001.01.12 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2002-262319 A (日本電信電話株式会社) 2002.09.13 (ファミリーなし)	1-12
A	Hideaki Okayama, Takeshi Kamijoh, and Masato Kawahara, Multi wavelength Highway Photonic Switches Using Wavelength-Sorting Elements-Design, JOURNAL OF LIGHTWAVE TECHNOLOGY, VOL. 15, NO. 4, APRIL 1997, p. 607-615	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

24.05.2004

国際調査報告の発送日

08.6.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

清水 稔

5 J

8525

電話番号 03-3581-1101 内線 6442